

2700

526 Rec'd PCT/PTO 09 AUG 2000

PCT # 4

276

1807.1368

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

SAMUEL ROUSSELIN ET AL.

Application No.: 09/597,143

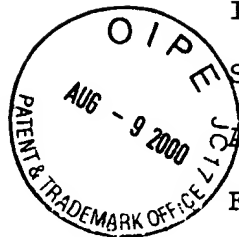
Filed: June 20, 2000

For: METHOD AND DEVICE OF  
GENERATION OF ONE  
REFERENCE EVENT FROM A  
FRAME OF INFORMATION

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: NYA

August 8, 2000



RECEIVED  
OCT - 3 2000  
TC 2700 MAIL ROOM

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the  
International Convention and all rights to which they are  
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following  
French Priority Application:

9907856, filed June 21, 1999.

A certified copy of the priority document is  
enclosed.

This Page Blank (uspto)

DOCUMENT PROCESSING  
BRANCH  
00 AUG 10 AM 10:41

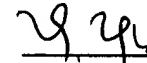
Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants

Registration No.



29,296

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

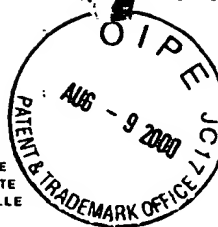
NY\_MAIN 101962 v 1

*This Page Blank (uspto)*



09/597143

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 JULI 2000

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis. rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS Cédex 08  
Telephone 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30



**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES 21-06-99

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 9907856

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75

DATE DE DÉPÔT

21 JUIN 1999

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

RINUY, SANTARELLI  
14, avenue de la Grande Armée  
75017 PARIS

n° du pouvoir permanent références du correspondant téléphone

BIF022268/FR/EP 01 40 55 43 43

date

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention

☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité

☐ transformation d'une demande  
de brevet européen

☒ demande initiale

☐ brevet d'invention

☐ certificat d'utilité n°

Établissement du rapport de recherche

☐ différé

☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

☐ oui

☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

Procédé et dispositif de détermination d'un instant de référence lié à  
la réception de données.

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN

code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

CANON KABUSHIKI KAISHA

Forme juridique

Société de droit  
Japonais

Nationalité (s) JAPONAISE

Adresse (s) complète (s)

Pays

30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, JAPON JAPON

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs

☐ oui

☒ non

Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES

☐ requise pour la 1ère fois

☐ requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE

(nom et qualité du signataire)

Bruno QUANTIN N° 92.1306  
RINUY, SANTARELLI

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

BIF022268/FR/EP

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITE

## DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 07856

### TITRE DE L'INVENTION :

Procédé et dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données.

### LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

Société de droit Japonais CANON KABUSHIKI KAISHA

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

ROUSSELIN Samuel

37, rue Saint Héliier, 35000 RENNES, France

LE BARS Philippe

La Grée d'Epron, EPRON, 35410 NOUVOITOU, France.

LE SCOLAN Lionel

3 square Roland Garros, 35000 RENNES, FRANCE.

THOUMY François

6 impasse du Lieu Verrier, 35250 CHEVAIGNE, France.

EHRMANN Frédérique

37, rue P.V. Varin de la Brunelière, 35700 RENNES, France.

BRANECI Mohamed

83, rue Saint Hellier, 35000 RENNES, France

NEZOU Patrice

3ter, avenue Jules Tricault, 35170 BRUZ, France

ROUSSEAU Pascal

13, rue Jean Malo Renault, 35000 RENNES, France

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

21 juin 1999

Bruno QUANTIN N° 92.1206  
RINUY, SANTARELLI

# DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDECATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
Modifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
48264				9/03/2000	FA-16 MARS 2000
3, 17220, 36, 58	65271			25/04/2000	FA-17 MAI 2000

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention «R.M.» (revendications modifiées).

5

10 La présente invention concerne un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- réception des données,
- échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des
- 15 échantillons de données,
- détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique.

Dans le domaine des télécommunications il est connu de transmettre entre un émetteur et un récepteur une trame de données comportant des

20 données constituant un en-tête et des données dites utiles.

De manière générale, il est par ailleurs intéressant de pouvoir déterminer avec précision un instant dit de référence qui est lié à la réception de cette trame de données au niveau du récepteur.

La détermination de cet instant de référence est par exemple utile

25 pour effectuer la synchronisation du récepteur sur l'émetteur, ou bien encore pour déclencher, au niveau du récepteur, plusieurs opérations devant obligatoirement se dérouler simultanément.

Plus particulièrement, dans la demande de brevet français n°9906029 non encore publiée, on s'intéresse au contrôle de la synchronisation

30 en fréquence entre au moins deux nœuds A, B d'un réseau de communication comportant chacun une horloge de fréquence déterminée.

Le contrôle de synchronisation entre ces nœuds prévoit d'effectuer les étapes suivantes :

- détermination de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud A et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud A, de deux événements dits de référence,
- détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud B, des deux mêmes événements de référence,
- détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,
- détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,
- comparaison entre les première et seconde informations,
- contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.

Plus précisément, l'instant d'apparition de l'événement de référence est lié aux données reçues par le nœud récepteur B et qui sont transmises par le nœud A, cet instant étant également appelé instant de référence.

Dans la demande de brevet précitée il est proposé une méthode de détermination de cet instant de référence qui est basée sur une méthode d'auto-corrélation effectuée sur une séquence de données connue qui est ajoutée au début d'une trame de données afin de détecter le début de celle-ci.

Toutefois, il serait intéressant de pouvoir déterminer avec précision un tel instant de référence, dans cette application, de manière différente de ce qui est proposé dans celle-ci et, de manière plus générale, comme exposé plus haut, de pouvoir déterminer avec précision un instant de référence lié à la réception de données au niveau d'un récepteur.

La présente invention propose à cet effet un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- réception des données,

- échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,

- détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique E,

5 caractérisé en ce que ledit procédé comporte également une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique E.

10 L'invention permet d'accroître la précision lors de la détermination de l'instant de référence lié à la réception des données.

Plus particulièrement, l'invention vise un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception d'une trame de données comportant des données constituant un en-tête et des données dites utiles selon la revendication 1, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

15 -réception de ladite trame de données,

-échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,

-détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition de l'en-tête,

20 -détection, parmi d'autres données échantillonnées de la trame, d'au moins un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique,

caractérisé en ce que ledit procédé comporte une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, des instants d'apparition respectifs dudit en-tête et de

25 la au moins une donnée spécifique.

Corrélativement, l'invention vise un dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit dispositif comportant:

- des moyens de réception des données,

30 - des moyens d'échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,



- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique,

caractérisé en ce que ledit dispositif comporte également des moyens de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, 5 parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique.

Selon un deuxième aspect, l'invention vise un procédé de contrôle de la synchronisation en fréquence entre au moins deux nœuds A, B d'un réseau de communication comportant chacun une horloge de fréquence 10 déterminée, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes :

- détermination, au niveau du nœud A, de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge dudit nœud A et identifiant l'apparition de deux événements dits de référence liés à deux ensembles de 15 données,

- réception au niveau du nœud B desdits deux ensembles de données transmis par le nœud A,

-échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de 20 données,

-détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

-détermination , au niveau dudit nœud B, de deux instants dits de 25 référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

30 - détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,

- détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,
  - comparaison entre les première et seconde informations,
  - contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.
- 5      Corrélativement, l'invention vise un dispositif de contrôle de la synchronisation en fréquence entre au moins deux nœuds A, B d'un réseau de communication comportant chacun une horloge de fréquence déterminée, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:
- 10      - des moyens de détermination, au niveau du nœud A, de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge dudit nœud A et identifiant l'apparition de deux événements dits de référence liés à deux ensembles de données,
- 15      - des moyens de réception au niveau du nœud B desdits deux ensembles de données transmis par le nœud A,
- 20      - des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
- 25      - des moyens de détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
- 30      - des moyens de détermination, au niveau dudit nœud B, de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,
- 30      - des moyens de détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,
- 30      - des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,

- des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,

- des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.

5 Dans cette application, la présente invention permet de diminuer les erreurs lors de la détermination des instants de référence et donc d'augmenter la robustesse de la synchronisation en fréquence entre les nœuds.

Selon un troisième aspect, la présente invention vise un procédé de réception de données, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les  
10 étapes suivantes effectuées au niveau du nœud B :

- réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,

- réception d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à une  
15 horloge du nœud A et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud A, de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,

-échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,

20 -détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

-détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi les  
25 données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

-détermination d'une seconde information qui est représentative  
30 d'une différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$ ,

- comparaison entre les première et seconde informations,

- contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.

Le procédé ci-dessus correspond à un premier mode de réalisation du procédé mis en œuvre au niveau du nœud B

- 5                   - Corrélativement, l'invention vise un dispositif de réception de données, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:
  - des moyens de réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,
  - 10               - des moyens de réception d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à une horloge du nœud A et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud A, de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,
  - 15               - des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
  - 20               - des moyens de détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
  - 25               - des moyens de détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,
  - 30               - des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$ ,
  - des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,
  - des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.

Selon un deuxième mode de réalisation lié au troisième aspect, la présente invention vise un procédé de réception de données, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes effectuées , au niveau du nœud (B) :

- 5                   - réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,
- réception de deux valeurs de référence qui sont respectivement représentatives de deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud A et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud A, de deux
- 10 événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,
- échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
- détection, parmi les données échantillonnées des deux
- 15 ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
- détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants
- 20 d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,
- chaque instant de référence étant identifié au niveau du nœud B par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence,
- 25                   - détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre valeurs de référence,
- détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres valeurs de référence,
- comparaison entre les première et seconde informations,
- 30                   - contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.

Corrélativement, l'invention vise un dispositif de réception de données, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:

- des moyens de réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,
- 5       - des moyens de réception de deux valeurs de référence qui sont respectivement représentatives de deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud A et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud A, de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,
- 10       - des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
- des moyens de détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
- 15       - des moyens de détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi les données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données
- 20       spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données, chaque instant de référence étant identifié au niveau du nœud B par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence,
- des moyens de détermination d'une première information qui est
- 25       représentative d'une différence entre deux des quatre valeurs de référence,
- des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres valeurs de référence,
- des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,
- 30       - des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds A, B à partir du résultat de la comparaison.

Selon un quatrième aspect, l'invention vise un nœud d'un réseau de communication, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception de données tel que succinctement exposé ci-dessus.

5 Selon un cinquième aspect, l'invention vise un pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un dispositif de détermination d'un instant de référence tel que brièvement exposé ci-dessus.

10 Selon un sixième aspect, l'invention vise un pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un dispositif de contrôle de la synchronisation tel que brièvement exposé ci-dessus.

15 Selon un septième aspect, l'invention vise un pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un nœud conforme à ce qui est exposé ci-dessus et qui relié à l'un desdits au moins deux bus de communication série.

Selon un huitième aspect, l'invention vise un appareil de traitement des données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de détermination d'un instant de référence conforme au bref exposé qui précède.

20 Selon un neuvième aspect, l'invention vise un appareil de traitement des données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de contrôle de la synchronisation conforme au bref exposé qui précède.

Selon un dixième aspect, l'invention vise un appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception de données tel que brièvement exposé ci-dessus.

25 L'appareil de traitement est par exemple choisi parmi une imprimante, un serveur, un ordinateur, un télécopieur, un scanner, un magnétoscope, un décodeur (connu en terminologie anglo-saxonne sous le terme de "set top box"), un téléviseur, un caméscope, une enceinte acoustique, une caméra numérique, un appareil photographique numérique.

30 Selon un onzième aspect, l'invention vise un réseau de communication comportant au moins deux bus de communication série reliés

entre eux par un pont, caractérisé en ce que ledit pont est conforme à ce qui précède.

5 Selon un douzième aspect, l'invention vise un réseau de communication comportant au moins deux bus de communication série reliés entre eux par un pont, caractérisé en ce que ledit réseau comporte un appareil de traitement de données tel que brièvement exposé ci-dessus.

10 Selon un treizième aspect, l'invention vise un réseau de communication comportant au moins un bus de communication série, caractérisé en ce que ledit réseau comporte un nœud tel que succinctement décrit ci-dessus.

L'invention vise par ailleurs un moyen de stockage d'informations, éventuellement totalement ou partiellement amovible, lisible par un ordinateur ou un processeur contenant des instructions d'un programme informatique, caractérisé en ce qu'il permet la mise en œuvre du procédé de détermination  
15 d'un instant de référence et/ou du procédé de contrôle de la synchronisation et/ou du procédé de réception de données tels que brièvement exposé ci-dessus.

L'invention vise en outre un moyen de stockage d'informations lisible par un ordinateur ou un processeur contenant des données provenant de  
20 la mise en œuvre du procédé de détermination d'un instant de référence et/ou du procédé de contrôle de la synchronisation et/ ou du procédé de réception de données tels que brièvement exposés ci-dessus.

L'invention vise également une interface permettant de recevoir les instructions d'un programme informatique, caractérisé en ce qu'il permet la  
25 mise en œuvre du procédé de détermination d'un instant de référence et/ou du procédé de contrôle de la synchronisation et/ ou du procédé de réception de données tels que brièvement exposés ci-dessus.

Les avantages et caractéristiques propres au dispositif de détermination d'un instant de référence, au dispositif de contrôle de la  
30 synchronisation, aux procédés et aux dispositifs de réception de données, au nœud comportant un tel dispositif de réception de données, au pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série et comportant un



tel nœud ou un tel dispositif de détermination d'un instant de référence ou encore un tel dispositif de contrôle de la synchronisation, à l'appareil de traitement de données comportant un tel dispositif de détermination d'un instant de référence ou un tel dispositif de réception de données ou encore un tel  
5 dispositif de contrôle de la synchronisation, audit réseau comportant un tel pont, audit réseau comportant un tel appareil de traitement de données et audit réseau comportant un tel nœud, ainsi qu'aux moyens de stockage d'informations étant les mêmes que ceux exposés ci-dessus concernant le procédé de détermination d'un instant de référence selon l'invention, ils ne  
10 seront pas rappelés ici.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue d'un réseau de communication selon un  
15 premier mode de réalisation de l'invention, faisant intervenir un pont radio 13 constitué de nœuds A et B,

- la figure 2a représente une vue schématique d'un dispositif de contrôle de la synchronisation selon un premier mode de réalisation de l'invention,

20 - la figure 2b représente l'algorithme du procédé de contrôle de la synchronisation selon un premier mode de réalisation de l'invention, mis en œuvre au niveau du nœud A de la figure 1,

- la figure 2c représente un algorithme du procédé de contrôle de la synchronisation selon un premier mode de réalisation de l'invention, mis en  
25 œuvre au niveau du nœud B de la figure 1,

- la figure 3 illustre de manière schématique le principe mis en œuvre dans le premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 4 est une vue schématique des différents blocs fonctionnels utilisés pour synchroniser un signal d'horloge H2 par rapport à un  
30 signal d'horloge H1,

- la figure 5 est une vue schématique générale d'un réseau de communication selon un second mode de réalisation de l'invention, faisant intervenir un pont radio 92 constitué de nœuds A et B,

5 - la figure 6a est une vue schématique d'un dispositif de contrôle de la synchronisation selon un second mode de réalisation de l'invention,

- la figure 6b représente un algorithme du procédé de contrôle de la synchronisation selon un second mode de réalisation de l'invention, mis en œuvre au niveau du nœud A de la figure 5,

10 - la figure 6c est un algorithme du procédé de contrôle de la synchronisation selon un second mode de réalisation de l'invention, mis en œuvre au niveau du nœud B de la figure 5,

- la figure 7 est un tableau représentant les différents instants de référence au niveau des nœuds A et B représentés sur la figure 5 ainsi que les périodes de référence correspondantes,

15 - la figure 8 est une vue schématique détaillée du modem 46 des figures 1 et 5,

- la figure 9 est une vue schématique détaillée du dispositif de détermination d'un instant de référence 203 selon l'invention et qui est représenté sur la figure 8,

20 - la figure 10 est un organigramme d'un algorithme sur lequel est basé le procédé selon l'invention et qui est mis en œuvre par le dispositif de la figure 9.

25 L'invention trouve une application particulièrement intéressante dans les réseaux constitués de bus de communication série conformes à la norme IEEE 1394.

L'invention permet plus particulièrement d'interconnecter deux bus de communication série conformes à la norme IEEE 1394 à travers un pont radio.

30 La norme IEEE 1394 définit une liaison série rapide qui permet de connecter sur un bus conforme à cette norme jusqu'à seize nœuds ou stations et permet de véhiculer sur ledit bus du trafic asynchrone et isochrone.

Le débit binaire qui est spécifié par cette norme est supérieur ou égal à 98,304 Mbit/s.

La transmission du trafic isochrone sur un bus de communication série 1394 est basée sur une horloge réseau de 8 KHz qui définit des cycles  
5 d'une durée de 125  $\mu$ s.

Chaque nœud ou station utilise l'horloge interne qui lui est propre pour générer de tels cycles et peut émettre au cours de ces cycles des données sur le bus. Parmi tous les nœuds reliés au bus, l'un d'entre eux est considéré comme une référence pour tous les autres et est appelé "maître de cycle"  
10 (connu en terminologie anglo-saxonne sous le terme de "cycle master").

Ce nœud ou station noté CM sert à synchroniser toutes les horloges des autres nœuds ou stations par rapport à sa propre horloge.

Dans un réseau de communication constitué de deux ou plusieurs bus de communication série conformes à la norme IEEE 1394,  
15 lorsque plusieurs bus sont reliés au moyen de ponts, l'un des nœuds ou stations CM parmi tous ces bus est choisi comme référence pour tout le réseau.

Ceci signifie que l'horloge du nœud ou de la station de référence appelée "maître de cycle du réseau" (connu en terminologie anglo-saxonne sous le terme de "net cycle master") constitue une horloge de référence pour  
20 tout le réseau, les horloges des nœuds ou stations notés CM des autres bus du réseau devant alors se synchroniser par rapport à l'horloge de celle-ci.

Pour une meilleure compréhension de l'invention, on considérera uniquement la connexion de deux bus de communication série conformes à la norme IEEE 1394 et notés 10 et 12 sur la figure 1 au moyen de deux nœuds ou  
25 stations notés A et B, reliés entre eux par un lien radio.

Lorsque les nœuds A et B sont situés à distance l'un de l'autre, ils peuvent, par exemple, représenter deux appareils de traitement de données différents choisis parmi les appareils suivants : imprimante, serveur, ordinateur, télécopieur, scanner, magnétoscope, décodeur (connu en terminologie anglo-  
30 saxonne sous le terme de "set top box") téléviseur, téléphone, lecteur audio/vidéo, caméscope, caméra numérique, appareil photographique numérique.

Ces deux nœuds ou stations forment ce que l'on appelle un pont radio noté 13 et interconnectent les deux bus qui font partie d'un réseau de communication selon l'invention noté 11.

Le pont 13, en quelque sorte, assure l'interface entre les bus 10 et 12.

Il convient de noter que les nœuds A et B peuvent, à titre d'alternative, être reliés entre eux par un lien optique, filaire, ...

Dans ce premier mode de réalisation de l'invention, les nœuds ou stations A et B constituent les maîtres de cycles des bus respectifs 10 et 12.

Le bus noté 10 est considéré comme le bus "maître", tandis que le bus noté 12 est considéré comme le bus "esclave".

On notera qu'un oscillateur interne ou horloge noté CLK1 génère un signal d'horloge noté H1 au niveau du bus maître et un oscillateur interne ou horloge noté CLK2 génère, au niveau du bus esclave, un signal d'horloge noté H2.

Chacun des oscillateurs internes ou horloges possède une fréquence égale à 24,576 MHz avec une tolérance de 100ppm.

De retour à la figure 1, le nœud noté A considéré comme l'émetteur radio est relié au bus de communication série 10 par des connecteurs 14.

Le nœud noté B et considéré comme le récepteur radio est relié au bus de communication série 12 par des connecteurs 16.

Le nœud A comporte un circuit d'interface physique 1394 noté 18 et un circuit réalisant les fonctions de la couche liaison 1394 notée 20.

De tels circuits sont par exemple constitués d'un composant PHY TSB21LV03A et d'un composant LINK TSB12LV01A commercialisés par la société Texas Instruments.

Le nœud A comporte également une unité de calcul 22, un moyen de stockage temporaire de type RAM noté 24 contenant plusieurs registres notés 24a à 24c et un moyen de stockage permanent noté 26.

Ainsi que représenté sur la figure 1, le nœud A comporte un modem radio 28 relié à une unité radio 30 qui est équipée d'une antenne radio 32.

5 Un bus local noté 34 relie les différents éléments du nœud A entre eux.

De façon analogue à ce qui vient d'être décrit pour le nœud A, le nœud B comporte un circuit d'interface physique 1394 noté 36, un circuit réalisant les fonctions de la couche liaison 1394 noté 38, une unité de calcul CPU notée 40, un moyen de stockage temporaire de type RAM noté 42  
10 contenant plusieurs registres 42a à 42e, un moyen de stockage permanent 44 contenant un registre 44a et un modem radio 46 relié à une unité radio 48 qui est équipée d'une antenne radio 50.

Un bus local noté 52 relie l'ensemble de ces éléments entre eux.

Comme indiqué sur la figure 1, chaque circuit d'interface  
15 physique 18, pour le nœud A et 36, pour le nœud B fonctionne avec une horloge ou oscillateur interne, CLK1 pour le nœud A, et CLK2 pour le nœud B.

La figure 2a représente les différents blocs fonctionnels mis en œuvre au niveau des nœuds émetteur A et récepteur B dans le procédé de contrôle de synchronisation selon un premier mode de réalisation de l'invention.

20 Les références 55 et 57 représentent un dispositif de contrôle de la synchronisation selon un premier mode de réalisation de l'invention, respectivement au niveau du nœud A et au niveau du nœud B.

La référence 59 représente un dispositif de contrôle de la synchronisation selon un premier mode de réalisation de l'invention et qui est  
25 constitué des dispositifs 55 et 57.

Les figures 2b et 2c illustrent respectivement les différentes étapes du procédé selon le premier mode de réalisation de l'invention qui sont mises en œuvre au niveau du nœud émetteur A et du nœud récepteur B. Ces figures représentent différentes instructions d'un programme informatique  
30 stocké, pour l'algorithme de la figure 2b, dans le moyen de stockage 26 du nœud A et, pour l'algorithme de la figure 2c, dans le moyen de stockage 44 du nœud B.

Le procédé de contrôle de la synchronisation selon le premier mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit en référence aux figures 1 et 2a à 2c.

5 Ce procédé s'appuie sur un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données au niveau d'un nœud récepteur qui sera décrit ultérieurement en référence aux figures 8 à 10.

Au niveau du dispositif 55 du nœud A, un compteur 60 est incrémenté de manière continue avec l'oscillateur interne ou horloge CLK1.

La taille de ce compteur est de K bits et sa période est donc  $2^K$ .

10 La présente invention utilise la notion d'instant de référence et d'événement de référence, l'instant de référence identifiant l'apparition au niveau d'un des nœuds A et B d'un événement de référence. ~~Par exemple, l'événement de référence considéré est le début d'une trame de données transmise entre les nœuds A et B, et l'instant de référence correspond à l'instant où cette trame commence.~~

15 Plus précisément, l'instant de référence au niveau du nœud A repère l'instant du début de transmission de la trame de données tandis que l'instant de référence du nœud B repère l'instant du début de réception de cette même trame de données.

20 Les notions d'instant de référence et d'événement de référence sont liées, au sens de la présente invention, aux ensembles de données transmises entre les nœuds A et B.

Il convient de noter que la détermination des instants de référence ne pose pas de problème au niveau du nœud émetteur puisque la structure des ensembles de données à transmettre est connue de celui-ci, ainsi  
25 que l'instant de transmission de celles-ci.

La détermination des instants de référence liés aux ensembles de données reçues par le nœud récepteur sera explicitée ultérieurement en référence aux figures 8 à 10.

30 Toutefois, il faut remarquer que lorsque l'ensemble de données, par exemple une trame de données, qui est transmise du nœud émetteur A vers le nœud récepteur B a une structure qui ne varie pas dans le temps, en

peut envisager d'utiliser au niveau du nœud A deux événements de référence qui sont liés respectivement à deux trames de données et qui sont différents des événements de référence liés aux trames de données reçues.

5 Ainsi, l'instant de référence identifiant l'événement de référence au niveau du nœud émetteur et, par exemple, l'instant de début de transmission de la trame de données, tandis que l'instant de référence lié à cette même trame de données, au niveau du nœud récepteur, correspond à l'instant d'apparition d'une donnée spécifique de la trame auquel est ajouté un terme  $\Delta$ , et auxquels est éventuellement ajouté l'instant d'apparition du début de cette  
10 trame.

La détermination de ces instants d'apparition et le terme  $\Delta$  seront explicités plus loin lors de la description faite en référence aux figures 8 à 10.

Dans la description qui suit, on se placera dans ce dernier cas de figure.

15 Au niveau de chaque nœud les instants de référence sont déterminés dans un repère temporel propre au nœud considéré à partir de l'horloge interne dudit nœud au moyen d'un compteur.

~~Il convient de noter que si les horloges CLK1 et CLK2 sont parfaitement synchrones (même fréquence), alors les contenus des compteurs déterminant les deux instants de référence présenteront un décalage qui restera constant dans le temps.~~  
20

Si, au contraire, les horloges ne sont pas synchrones, alors le décalage entre le contenu des compteurs mentionné ci-dessus ne sera plus constant, et la présente invention se fonde sur la variation de ce décalage pour  
25 mesurer la dérive entre les horloges CLK1 et CLK2.

Bien entendu, l'instant de référence peut correspondre à tout autre événement sur lequel l'émetteur et le récepteur doivent se synchroniser.

Il convient de noter que l'apparition des événements de référence n'est pas nécessairement périodique.

30 ~~Afin de détecter le début d'une trame de données, aussi bien dans le nœud A que dans le nœud B, les modems radio de chaque nœud notés respectivement 28 et 46, utilisent des séquences appropriées de~~

synchronisation. Par exemple, une séquence connue par l'émetteur et le récepteur est rajoutée au début de chaque trame. Le récepteur peut ainsi, en appliquant une méthode d'autocorrélation sur cette séquence connue, déterminer le début de la trame.

5                   Lorsqu'un instant de référence est détecté au niveau de chaque nœud, un signal 62 (nœud A), 64, (nœud B) est envoyé à l'unité de calcul CPU, respectivement 22 (nœud A), 40 (nœud B), ce signal indiquant un instant de référence (figure 1).

10                  Après l'étape  $S_1$  d'initialisation du compteur 60 (figure 2b), à chaque fois qu'un instant de référence est déterminé par exemple au niveau du nœud A (étape  $S_1$ ), l'instant de référence étant noté  $t_A$ , le contenu du compteur 60 est sauvegardé dans un registre noté 24a du moyen de stockage temporaire 24 de la figure 1.

15                  Le précédent contenu de ce registre 24a est transféré quant à lui dans un deuxième registre 24b du moyen de stockage 24 (étape  $S_3$ ).

~~Les deux registres permettent ainsi de sauvegarder la valeur du compteur 60 aux deux derniers instants de référence, par exemple notés  $t_A$  et  $t_A'$  qui correspondent, par exemple, tous les deux à l'instant du début de transmission de deux trames de données consécutives.~~

20                  A chaque instant de référence déterminé correspond une valeur de référence déterminée qui est représentative dudit instant de référence. Cette valeur de référence est mémorisée dans l'un des registres 24a, 24b du moyen de stockage temporaire 24 de la figure 1.

25                  Il convient de noter que chaque valeur de référence stockée dans les registres 24a et 24b correspond, par exemple, à un nombre d'impulsions d'horloge émises par l'horloge CLK1 calculée modulo  $2^K$ .

30                  Toutes les opérations (addition, soustraction, comptage) sont effectuées modulo le chiffre 2 élevé à la puissance de la taille des registres ou des compteurs correspondants. De plus il est supposé que le résultat de la soustraction contient un bit de signe.

Après le transfert du contenu du registre 24a vers le registre 24b (étape  $S_3$ ) et du contenu du compteur 60 vers le registre 24a (étape  $S_4$ ), la



différence entre les valeurs de référence mémorisées dans ces deux registres est déterminée dans le comparateur 66 (étape  $S_5$ ). Cette différence correspond à une première information représentative d'une durée écoulée, au niveau du nœud A, entre les instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$ .

5                    Cette première information est mémorisée dans le registre noté 24c sur la figure 2 et qui fait partie du moyen de stockage temporaire 24 de la figure 1.

Ce registre contient donc la durée d'une période de référence comptée en nombre d'impulsions de l'horloge ou oscillateur interne CLK1.

10                    La première information représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  et qui est mémorisée dans le registre 24c est transmise du nœud A (émetteur) vers le nœud B (récepteur) en utilisant la trame de données transmise à partir de l'instant de référence  $t_A'$  (étape  $S_6$ ).

15                    L'étape de transmission est effectuée par l'équipement radio constitué des éléments 28, 30 et 32 du nœud A, tandis que l'étape de réception au niveau du nœud B fait intervenir les éléments 46, 48 et 50 dudit nœud B.

20                    De manière analogue à ce qui vient d'être décrit pour le nœud A (émetteur) une seconde information représentative d'une durée écoulée entre deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  est alors calculée au niveau du nœud B (récepteur).

Ces deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  correspondent aux instants de ~~réception du début~~ référence liés à la réception des trames de données émises par le nœud A et pour lesquelles les instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  ont été déterminés au niveau dudit nœud A.

25                    Dans le dispositif 57 du nœud B, un compteur 68 est incrémenté en continu avec l'oscillateur interne ou horloge CLK2.

La taille de ce compteur est de K bits et sa période est donc égale à  $2^K$ .

30                    Après l'étape  $T_1$  d'initialisation du compteur 68 (figure 2c), à chaque fois qu'un instant de référence  $t_B$  ou  $t_B'$  est déterminé (étape  $T_2$ ), comme indiqué plus haut, une valeur de référence représentative de cet instant

de référence est mémorisée dans le registre 42a du moyen de stockage temporaire 42 de la figure 1.

5 Ainsi, la valeur de référence correspondant à l'instant de référence tB est mémorisée dans le registre 42a puis est transférée dans le registre 42b (étape T<sub>3</sub>) lorsque le second instant de référence tB' est déterminé (étape T<sub>2</sub>) et que la valeur de référence correspondante est transférée du compteur 66 dans le registre 42a (étape T<sub>4</sub>).

10 La seconde information représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence tB et tB' est déterminée dans un comparateur 70 (étape T<sub>5</sub>) représenté à la figure 2a et la différence formée entre les deux valeurs de référence mémorisées dans les registres 42a et 42b et identifiant les deux instants de référence tB et tB' est alors stockée dans un registre 42c du moyen de stockage permanent 42 de la figure 1.

15 Il convient de noter, là aussi, que chaque valeur de référence contenue dans l'un des registres précités correspond à un nombre d'impulsions dites d'horloge qui sont émises par l'horloge ou oscillateur interne CLK2 du nœud B.

On notera que l'événement de référence associé à une trame de données reçue par le nœud B (récepteur) correspond au niveau de ce nœud à l'instant du début de réception de ladite trame de données.

20 La première information stockée dans le registre 24c est reçue par le nœud B (étape T<sub>6</sub>).

Si, au contraire, aucune information n'est reçue par le nœud B, alors le procédé selon l'invention prévoit de se placer à nouveau en attente de réception d'une information transmise par le nœud A avec une trame de données.

Un comparateur noté 72 sur la figure 2a permet d'effectuer une comparaison entre les première et seconde informations (étape T<sub>7</sub>).

Si l'on note N le nombre d'impulsions d'horloges, les première et seconde informations s'écrivent respectivement  $N(tA') - N(tA)$  et  $N(tB') - N(tB)$ .

30

La différence susceptible d'être détectée entre ces deux valeurs représente le nombre d'impulsions d'horloge de dérive entre les oscillateurs ou horloges CLK1 et CLK2 pendant la période de référence considérée.

Il est ainsi possible connaissant la dérive entre les horloges CLK1 et CLK2 pendant la période de référence de corriger la fréquence du signal H2 pour le maintenir synchrone à H1.

Si une différence est détectée entre ces première et seconde informations, le résultat obtenu (dérive) est ajouté au contenu d'un registre noté 42d du moyen de stockage temporaire 42 de la figure 1 (étape  $T_8$ ).

Ce registre 42d contient le cumul des différentes dérives mesurées pendant toutes les périodes de référence qui ont été prises en compte.

Comme représenté à la figure 3, deux axes indiquent respectivement pour le nœud A et pour le nœud B les instants de référence correspondant à deux trames de données transmises du nœud A vers le nœud B et repérés par les flèches 1 et 2 sur cette figure.

Ainsi, au niveau du nœud A, la première information représentative de la durée écoulée entre les deux premiers instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  est indiquée par la lettre  $T_A$ , tandis qu'au niveau du nœud B, la seconde information représentative de la durée écoulée entre les deux autres instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  est indiquée par la lettre  $T_B$ .

A titre de variante, il convient de noter qu'il serait tout à fait possible de transmettre la seconde valeur  $T_B$  du nœud B vers le nœud A au lieu de transmettre la première valeur  $T_A$  du nœud A vers le nœud B.

Dans ce cas, le nœud B constitue la référence (Maître) du nœud A (Esclave).

Lorsque deux informations ou périodes de référence représentatives chacune du rythme de l'horloge du nœud considéré sont comparées entre elles, comme il vient d'être expliqué, le nombre de bits significatifs de la différence entre celles-ci dépend de la dérive entre les deux horloges et de la durée de la période de référence.

Par exemple, si l'on prend deux oscillateurs dont les fréquences d'horloge sont respectivement égales à 24,576 MHz - 100 ppm et 24,576 MHz + 100 ppm et une période de référence de 1 ms, la différence détectée entre les deux périodes de référence est approximativement de cinq impulsions d'horloge  
 5 qui peuvent être codées en utilisant trois bits.

Ainsi, le dimensionnement de la taille des registres à un octet, où un bit sera réservé pour le signe, semble un choix suffisant.

Ce dimensionnement de la taille des registres concerne les registres notés 24c, 42c et 42d de la figure 2a.

10 L'optimisation de la taille de ces registres et particulièrement du registre 42d est importante étant donné qu'elle définit la bande passante nécessaire pour la transmission des données sur le lien radio entre les nœuds A et B.

Il convient de noter que les compteurs 60 et 68 de la figure 2a  
 15 peuvent également avoir une taille égale à huit bits ( $K = 8$ ).

Dans ce cas, les instants de référence, plus précisément les valeurs de référence déterminées par ces compteurs, seront mesurées modulo 256 ( $2^K$ ).

L'écart entre les valeurs de référence définissant une période de  
 20 référence ou information est supposé ne jamais dépasser 128.

Toutes ces valeurs sont bien entendu données à titre d'exemple et peuvent évidemment être adaptées à des spécifications particulières.

Il convient de noter que l'optimisation de la taille des compteurs est moins cruciale que celle des registres.

25 Normalement, lorsqu'aucune dérive n'est constatée entre les horloges internes CLK1 et CLK2, les première et seconde informations représentatives chacune de la durée écoulée entre les deux instants de référence respectivement  $t_A$ ,  $t_{A'}$  et  $t_B$ ,  $t_{B'}$  sont égales.

Toutefois, lorsqu'une dérive est constatée et qu'une valeur est  
 30 enregistrée dans le registre 42d, alors une correction est nécessaire.

Le but de cette correction est de maintenir la fréquence du signal d'horloge H2 plus ou moins constante par rapport à la fréquence du signal d'horloge H1.

Il convient de noter que dans ce cas, c'est le signal d'horloge H1  
5 qui constitue la référence.

Le signal H2 peut bien entendu lui aussi constituer une référence par rapport à laquelle le signal d'horloge H1 serait corrigé.

Le procédé de contrôle de la synchronisation selon l'invention prévoit, en cas de correction, de raccourcir ou de rallonger une ou plusieurs  
10 périodes du signal d'horloge H2 par une durée équivalente au nombre d'impulsions d'horloge qui sont contenues dans le registre 42d, et qui sont représentatives de la dérive constatée entre CLK1 et CLK2.

La répartition de la correction sur plusieurs périodes peut être dictée par exemple par des contraintes techniques : impossibilité de corriger  
15 plus d'une impulsion d'horloge par période, ou nécessité d'éviter une variation brutale d'une période donnée.

Il peut même être envisagé d'attendre avant d'effectuer une correction afin, par exemple, de pouvoir bénéficier d'une compensation automatique au niveau de certains bus du réseau vis-à-vis de modifications  
20

La figure 4 est un schéma fonctionnel illustrant la correction du signal d'horloge H2 par rapport au signal d'horloge H1 lorsqu'une dérive entre les horloges ou oscillateurs CLK1 ou CLK2 est détectée.

Comme représenté sur la figure 4, le signal d'horloge H2 corrigé ou synchronisé selon le procédé de l'invention est généré à partir de l'horloge  
25 ou oscillateur CLK2 en utilisant un compteur noté 80.

La période de ce compteur est fixée par chargement d'une valeur M' contenue dans un registre noté 42 du moyen de stockage temporaire 42 de la figure 1.

Cette valeur M' est un entier qui correspond au facteur de  
30 division de la fréquence de l'horloge CLK2 pour obtenir la fréquence du signal d'horloge H2 corrigé ou synchronisé.

Par ailleurs, un autre registre noté 82 contient le facteur de division nominal  $M$  entre les fréquences de l'horloge CLK2 et du signal d'horloge H2 avant correction.

En outre, le registre 42d représenté à gauche sur la figure 4  
5 contient la dérive cumulée notée  $\Delta_c$  entre les horloges ou oscillateurs CLK1 et CLK2.

Ainsi, la période du compteur 80 est corrigée avec la dérive cumulée  $\Delta_c$  fournie par le registre 42d au moyen de la formule suivante :  
 $M' = M + \Delta_c$ .

10 Il est à noter que cette dérive  $\Delta_c$  peut être de signe positif ou négatif. Lorsque la dérive est de signe positif,  $M'$  sera égal à  $M$  augmenté de la valeur absolue de  $\Delta_c$ . La période du compteur 80 sera alors augmentée, et la fréquence de H2 sera diminuée.

Lorsque la dérive est de signe négatif,  $M'$  sera égal à  $M$  diminué  
15 de la valeur absolue de  $\Delta_c$ . La période du compteur 80 sera alors diminuée et la fréquence de H2 sera alors augmentée.

Pour que la dérive cumulée  $\Delta_c$  soit prise en compte dans la correction de la période du compteur, il faut que cette dérive soit maintenue dans le registre 42d jusqu'à la fin de la période courante du compteur. Le  
20 registre 42d doit ensuite être remis à zéro durant la période suivante, et avant la fin de celle-ci pour éviter que la même dérive ne soit corrigée deux fois.

Si la correction de la dérive doit être répartie sur plusieurs périodes, un registre intermédiaire est nécessaire pour contenir la correction à apporter à chaque période. Après chaque correction, le registre 42d contenant  
25 la dérive cumulée est décrémentée en conséquence. Les corrections sont effectués jusqu'à ce que le contenu du registre 42d s'annule.

La figure 5 illustre un second mode de réalisation de l'invention;

Sur cette figure, les éléments qui ne sont pas modifiés par rapport à ceux de la figure 1 conservent les mêmes références que sur celle-ci.

30 Comme représenté sur la figure 5, le réseau de communication 90 selon l'invention comporte un pont radio noté 92 qui interconnecte les bus de

communication série conformes à la norme IEEE 1394 notés 10 et 12 et sert, en quelque sorte, d'interface entre ceux-ci.

Le pont 92 comporte deux stations ou nœuds notés A et B et qui sont respectivement un émetteur radio (nœud A) et un récepteur radio (nœud B).

Ces nœuds A et B se distinguent de ceux de la figure 1 par leurs moyens de stockage permanent et temporaire.

Le nœud A comporte un moyen de stockage temporaire RAM noté 94 incluant un registre 94a et un moyen de stockage permanent ROM noté 96.

Le moyen de stockage permanent 96 contient le programme informatique dont les différentes instructions correspondent aux étapes du procédé selon le second mode de réalisation et qui est mis en œuvre au niveau de l'émetteur (nœud A).

L'algorithme correspondant à ce programme informatique est représenté à la figure 6b.

Par ailleurs, le nœud B comporte un moyen de stockage temporaire noté 98 incluant les registres 98a à 98e et un moyen de stockage permanent ROM noté 100 et qui inclut un registre 100a.

Ce moyen de stockage 100 contient également les différentes instructions du programme informatique permettant la mise en œuvre du procédé selon le second mode de réalisation au niveau du récepteur (nœud B).

L'algorithme correspondant à ce programme informatique est représenté à la figure 6c.

Comme indiqué plus haut, chacun des nœuds A et B comporte un circuit d'interface physique 1394, un circuit réalisant les fonctions de la couche liaison 1394, une unité de calcul, un modem radio relié à une unité radio qui est équipée d'une antenne radio, ainsi qu'un bus local reliant les différents éléments dudit nœud entre eux.

Les références 97 et 99 représentent un dispositif de contrôle de la synchronisation selon un second mode de réalisation de l'invention, respectivement au niveau du nœud A et au niveau du nœud B.

La référence 101 représente un dispositif de contrôle de la synchronisation selon un second mode de réalisation de l'invention au niveau du pont 92.

Le dispositif 101 est constitué des dispositifs 97 et 99.

5 Le procédé selon un second mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit en référence aux figures 5, 6a à 6c et 7.

Ce procédé s'appuie sur un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données au niveau d'un nœud récepteur qui sera décrit ultérieurement en référence aux figures 8 à 10.

10 Au niveau du dispositif 97 du nœud A, comme représenté sur la figure 6a, un compteur 102 est incrémenté de manière continue avec l'oscillateur interne ou horloge CLK1.

La taille de ce compteur est de K bits et sa période est donc  $2^K$ .

15 Tout ce qui a été dit précédemment en référence aux figures 1 à 4 concernant notamment les instants de référence, les événements de référence et les valeurs de référence reste valable pour ce second mode de réalisation.

Les instants de référence sont déterminés de la même manière qu'indiqué plus haut en référence à la figure 1.

20 Ainsi, après l'étape  $U_1$  d'initialisation du compteur 102 (figure 6b), à chaque fois qu'un instant de référence est déterminé au niveau du nœud A (étape  $U_2$ ), l'instant de référence étant noté  $t_A$ , le contenu du compteur 102 est sauvegardé dans le registre 94a du moyen de stockage temporaire 94.

25 Lors de cette étape on effectue l'initialisation de la variable i à la valeur zéro.

A chaque instant de référence déterminé, correspond une valeur de référence déterminée qui est représentative dudit instant de référence et qui est par exemple égale à un nombre d'impulsions d'horloges N émises par l'horloge ou oscillateur interne CLK1.

30 Après mémorisation de la valeur de référence contenue dans le compteur 102 dans le registre 94a (étape  $U_3$ ), le procédé comporte une étape



de transmission d'une trame de données contenant la valeur de référence stockée dans ce registre (étape  $U_4$ ).

La valeur de référence notée  $N(t_A)$  est transmise avec la trame de données dont le début de transmission correspond à l'instant de référence noté  $t_A$ .

Conformément à l'étape  $U_5$ , la variable  $i$  est incrémentée d'une unité et le nœud A émetteur attend alors un nouvel instant de référence  $t_A'$  (étape  $U_2$ ).

De manière analogue à ce qui a été décrit en référence à la figure 1, l'étape de transmission est effectuée par l'équipement radio constitué des éléments 28, 30 et 32 du nœud A, tandis que l'étape de réception au niveau du nœud B fait intervenir les éléments 46, 48 et 50 dudit nœud B.

Dans le dispositif 99 du nœud B, un compteur 104 est incrémenté en continu avec le signal d'horloge H2 issu de l'oscillateur interne ou horloge CLK2.

La taille de ce compteur est de  $K$  bits et sa période est donc égale à  $2^K$ .

Après l'étape  $V_1$  d'initialisation du compteur 104 (figure 6c), à chaque fois qu'un instant de référence est déterminé (étape  $V_2$ ) comme indiqué plus haut, une valeur de référence représentative de cet instant de référence est mémorisée dans le registre 98a (étape  $V_3$ ) du moyen de stockage temporaire 98 de la figure 5.

Le procédé selon l'invention mis en œuvre au niveau du récepteur (nœud B) prévoit, conformément à l'étape  $V_4$  (figure 6c), une opération de vérification de la réception du contenu du registre 94a par le nœud B.

Dans l'hypothèse où le nœud B reçoit le contenu de ce registre 94a, alors l'étape  $V_4$  est suivie d'une étape  $V_5$  au cours de laquelle on forme la différence  $\Delta(i)$  entre les valeurs de référence ou nombres d'impulsions d'horloges contenus dans les registres 98a et 94a de la figure 6a.

Cette différence constitue une information représentative de la différence entre les instants de référence  $t_A$  identifiant le début de la

transmission de la trame  $i$  au niveau du nœud A et l'instant de référence  $t_B$  identifiant un événement de référence lié à la trame  $i$  au niveau du nœud B.

Cette information constitue une première information au sens de l'invention.

5 Cette information  $\Delta(i)$  est déterminée dans un comparateur noté 106 sur la figure 6a.

Cette première information représente un décalage entre les horloges CLK1 et CLK2 et qui est sauvegardée dans le registre 98b du moyen de stockage temporaire 98.

10 Si aucun décalage n'a été calculé précédemment, la variable  $i$  est alors égale à zéro (étape  $V_6$ ) et ce décalage constitue un décalage de référence noté  $\Delta(0)$  qui sera utilisée par la suite, lors de la détermination de la correction nécessaire pour synchroniser les horloges entre elles.

Conformément à l'étape  $V_7$  du procédé (figure 6c), le  
15 décalage  $\Delta(0)$  est stockée dans le registre 98c du moyen de stockage temporaire 98.

L'étape  $V_7$  est ensuite suivie de l'étape  $V_8$  au cours de laquelle la variable  $i$  est incrémentée et le nœud B récepteur attend un nouvel instant de référence conformément à l'étape  $V_2$ .

20 A l'inverse, s'il ne s'agit pas du premier décalage calculé ( $i \neq 0$ ) alors le décalage qui vient d'être calculé,  $\Delta(i)$  est comparé avec le décalage de référence  $\Delta(0)$  (étape  $V_9$ ).

Suivant ce cas de figure, la différence  $\Delta(0)$  ( $N(t_B) - N(t_A)$ ) constitue une première information au sens de l'invention et la différence  $\Delta(i)$   
25  $((N(t_B^{(i)}) - N(t_A^{(i)})))$  constitue une seconde information.

La comparaison entre les première et seconde informations ( $\Delta(0)$  et  $\Delta(i)$ ) est effectuée dans un comparateur 108 (figure 6a) et permet de détecter une éventuelle dérive entre les oscillateurs internes ou horloges CLK1 et CLK2.

30 Cette différence entre les première et seconde informations fournit le nombre d'impulsions d'horloges de dérive entre les oscillateurs internes ou horloges CLK1 et CLK2 entre deux instants de référence.

Cette valeur de la dérive est ensuite cumulée avec la valeur contenue dans le registre 98d (étape  $V_{10}$ ) du moyen de stockage temporaire 98.

Ce registre contient le cumul des dérives mesurées précédemment entre les deux horloges CLK1 et CLK2.

- 5                    Le contenu du registre 98d représente la correction qui doit être apportée au signal d'horloge H2 afin d'être synchronisé par rapport au signal d'horloge H1.

10                   L'étape  $V_{10}$  est ensuite suivie de l'étape  $V_8$  au cours de laquelle la variable  $i$  est incrémentée et, conformément à ce qui a déjà été dit plus haut, le récepteur (nœud B) attend un nouvel instant de référence (étape  $V_2$ ).

De retour à l'étape  $V_4$ , si le test réalisé lors de cette étape fait apparaître que le nœud B n'a pas reçu le contenu du registre 94a, cela signifie par exemple que la trame de données correspondante notée  $i$  est perdue ou incorrectement reçue.

- 15                   Dans ce cas, le récepteur (nœud B) attend l'instant de référence suivant (étapes  $V_{11}$  et  $V_{12}$ ) afin de mémoriser une nouvelle valeur de référence contenue dans le compteur 104 et correspondant à l'instant de référence suivant (étape  $V_3$ ).

20                   On notera que la figure 7 fournit un tableau indiquant, pour différentes trames de données  $i$  transmises du nœud A vers le nœud B, avec  $i = 0, 1, \dots, 7, \dots$ , les différents instants de référence  $t_A, t_B$  ( $t_A^{(0)}, t_B^{(0)}$ ),  $t_A', t_B', \dots, t_A^{(7)}, t_B^{(7)}, \dots$  et les périodes de référence considérées par rapport aux instants de référence déterminés.

25                   Avantageusement, dans ce second mode de réalisation de l'invention, la perte d'une trame de données ou le fait que celle-ci soit incorrectement reçue n'empêchent pas, comme cela est le cas pour le premier mode de réalisation, la détection de la dérive entre les horloges CLK1 et CLK2.

30                   En effet, le tableau de la figure 7 indique que les périodes de références sont considérées, pour les trames  $i = 0$  et  $i = 1$ , entre les instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  (nœud A),  $t_B$  et  $t_B'$  (nœud B), pour les trames  $i = 1$  et  $i = 2$ , entre les instants de référence  $t_A'$  et  $t_A''$  (nœud A),  $t_B'$  et  $t_B''$  (nœud B).

Par contre, on remarque que la valeur de référence  $N(t_A^{(3)})$  correspondant à l'instant de référence  $t_A^{(3)}$  n'est pas reçue par le nœud B, le champ correspondant de la trame  $i = 4$  étant par exemple affecté par une erreur de transmission.

5 De ce fait, la période de référence considérée ne peut pas prendre en compte cet instant de référence mais le suivant :  $t_A^{(4)}$ .

Ainsi, la période de référence considérée est définie entre les instants  $t_A''$  et  $t_A^{(4)}$  (nœud A) et entre les instants  $t_B''$  et  $t_B^{(4)}$  (nœud B).

10 Dans ce cas, les informations comparées entre elles pour cette période de référence seront  $N(t_B'') - N(t_A'')$  et  $N(t_B^{(4)}) - N(t_A^{(4)})$ .

Cela revient à augmenter la période de référence afin de tenir compte des dérives qui se sont produites entre les instants de référence  $t_A''$  et  $t_A^{(4)}$ .

15 Ainsi, la correction liée à l'instant de référence  $t_A^{(3)}$  sera automatiquement prise en compte lors du prochain calcul, même si la trame de données transmise  $i = 4$  comportait des erreurs.

De ce fait, grâce au second mode de réalisation de l'invention, aucune information sur la dérive entre les horloges CLK1 et CLK2 n'est perdue.

20 De même, d'après le tableau de la figure 7, si l'instant de référence  $t_B^{(5)}$  est perdu et si le nœud B ne peut décoder les valeurs de référence correspondant aux instants de référence  $t_A^{(5)}$  et  $t_A^{(6)}$ , alors la période de référence considérée sera allongée et définie entre les instants  $t_A^{(4)}$  et  $t_A^{(7)}$  (nœud A) et  $t_B^{(4)}$  et  $t_B^{(7)}$  (nœud B).

25 A titre de variante, on notera que le fait de transmettre, non plus comme indiqué en référence aux figures 1 à 4 une première information  $N(t_A') - N(t_A)$  représentant la durée entre les instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  du nœud A vers le nœud B, mais uniquement les valeurs de référence  $N(t_A)$  et  $N(t_A')$  isolément, du nœud A vers le nœud B, permet également, au niveau du nœud B, d'effectuer la détermination de l'information  $N(t_A') - N(t_A)$  au niveau du nœud  
30 B et de comparer celle-ci à l'autre information déterminée également au niveau du nœud B,  $N(t_B') - N(t_B)$ , afin d'aboutir aux mêmes conclusions que lors de la description du premier mode de réalisation de l'invention.

On remarquera que  $N(t_B') - N(t_A') - (N(t_B) - N(t_A))$  est égal à  $N(t_B') - N(t_B) - (N(t_A') - N(t_A))$ , ce qui montre que les deux modes de réalisation conduisent au même calcul de dérive.

On notera qu'à partir des résultats obtenus dans le tableau de la figure 7 qui sont donc disponibles au niveau du nœud B, tous les calculs possibles entre les différentes valeurs de référence contenues dans ce tableau sont envisageables.

Par ailleurs, l'invention permet de contrôler la synchronisation entre les horloges des nœuds A et B même si les trames de données présentent des durées variables.

Il convient de noter qu'en ce qui concerne l'optimisation de la taille des différents registres et notamment des registres 98a, 98b, 98d tout ce qui a été dit lors de la description du premier mode de réalisation reste valable pour ce second mode de réalisation.

Notamment, l'optimisation de la taille de ces registres est particulièrement du registre 94a, est importante car elle définit la bande passante nécessaire pour la transmission radio.

Le schéma de la figure 4 concernant la méthode de correction appliquée au signal d'horloge H2 pour le synchroniser par rapport au signal d'horloge H1 reste valable pour ce second mode de réalisation et ne sera donc pas décrit une nouvelle fois.

Il convient de noter que la présente invention permet de contrôler la synchronisation de plusieurs nœuds connectés à des bus de communication série différents par rapport à un nœud "Maître" dans le cas où ce dernier est capable de diffuser des informations aux nœuds à synchroniser.

Ceci s'applique plus particulièrement lorsque les nœuds communiquent entre eux par liaison radio ou optique.

On remarquera également que dans un réseau de communication selon l'invention il est possible de prévoir un nœud du réseau qui est dédié à la génération d'un événement de référence commun à tous les nœuds. L'existence de ce nœud permet d'utiliser l'invention lorsque les deux

nœuds à synchroniser ne peuvent pas générer des événements de référence par eux-mêmes.

Comme annoncé précédemment, on va maintenant s'intéresser à la détermination d'un instant de référence, au sens de l'invention et qui est lié à la réception de données transmises par le nœud A des figures 1 et 5.

La figure 8 est une vue détaillée du modem 46 du nœud récepteur ou dispositif de réception B des figures 1 et 5. Le signal radio reçu par l'antenne 50, après avoir été amplifié, filtré et transposé en fréquence est transmis au convertisseur analogique numérique 201. Le signal radio est, de manière connue, un signal dit OFDM porteur de symboles OFDM. L'élaboration d'un tel signal est basée sur une répartition du signal à transmettre sur un grand nombre de porteuses en parallèle, individuellement modulées à bas débit. Le débit étant bas, la bande passante nécessaire pour chaque porteuse est plus petite, et donc, il est plus probable que les caractéristiques d'amplitude et de phase seront identiques pour toutes les fréquences constituant cette bande. Cette technique est connue de l'homme du métier sous le nom de multiplexage à division de fréquences orthogonales ou OFDM (en anglais "*Orthogonal Frequency Division Multiplex*"). En effet, les spectres des signaux modulant les porteuses se recouvrent de façon telle qu'ils vérifient la condition d'orthogonalité qui permet d'éliminer les interférences entre sous-porteuses modulées et d'obtenir une efficacité spectrale beaucoup plus grande.

L'espacement entre deux sous-porteuses adjacentes correspond à l'inverse de la durée d'un symbole.

La modulation OFDM est généralement assimilée à une transformée de Fourier, de sorte qu'on utilise pour sa mise en œuvre des algorithmes de transformée de Fourier rapide (FFT, en anglais "*Fast Fourier Transform*").

On rappelle ci-après les principales étapes effectuées lors de l'émission d'un message à l'aide d'une modulation OFDM.

On groupe tout d'abord les données binaires du message à émettre en blocs de données. Chacun de ces blocs va être transmis indépendamment et va constituer, après modulation en bande de base, un symbole OFDM.

Chacun des blocs de données groupe aussi les éléments binaires par sous-ensemble, chaque sous-ensemble subissant ensuite un report de cartographie (en anglais "*mapping*") bijectif sur un ensemble discret de points dans l'espace de Fresnel, chacun de ces points représentant une phase et une amplitude possibles. Ainsi, par exemple, si on considère un message constitué de la suite de bits suivante : {00001110010001111000...}, on peut en extraire un bloc de 16 bits 0000111001000111, auquel on associe, par report de cartographie, l'ensemble de points suivant du plan complexe :  $1+j$ ,  $1+j$ ,  $-1-j$ ,  $1-j$ ,  $-1+j$ ,  $1+j$ ,  $-1+j$ ,  $-1-j$ . On a donc un ensemble de huit éléments complexes, définissant un vecteur  $V$ .

On applique ensuite aux vecteurs  $V$  ainsi obtenus à partir du message d'origine une transformation de Fourier discrète inverse rapide de matrice  $A$ , ce qui fournit un symbole OFDM, constitué d'une suite d'amplitudes complexes.

Chaque symbole transmis est reçu, après passage dans le canal de transmission, par un démodulateur, dont on extrait un vecteur  $V'$  contenant des éléments complexes en multipliant les amplitudes constituant ce symbole par une matrice de transformée de Fourier discrète directe  $A'$ , telle que  $A.A' = I$ , où  $I$  désigne la matrice identité.

L'application d'un critère de décision fondé sur le maximum de vraisemblance sur la partie réelle et la partie imaginaire de chaque vecteur  $V'$  permet de retrouver la séquence de symboles initiale, puis de restituer les éléments binaires associés.

Les différents symboles de chaque bloc sont liés entre eux du fait de la combinaison linéaire obtenue en multipliant les éléments d'un vecteur  $V$  à transmettre par la matrice  $A$  de transformée de Fourier discrète inverse. Cette combinaison linéaire garantit une certaine robustesse et protège les symboles contre les interférences entre symboles complexes à l'intérieur d'un même symbole OFDM.

En revanche, cet effet de protection ne s'étend pas d'un symbole OFDM (c'est-à-dire d'un bloc de symboles complexes) à l'autre.

Pour éviter les interférences entre blocs, il est connu d'utiliser une technique qui consiste à ménager une durée de silence ou de non-émission, également appelée temps de garde, entre deux symboles consécutifs.

5 Ce signal OFDM analogique transmis au modem 46 comporte des intervalles de garde, des sous porteuses pilotes et des sous porteuses modulées par des données. L'intervalle de garde de chaque symbole OFDM est habituellement construit à l'émission par la copie à la fin du symbole OFDM d'un certain nombre d'échantillons placés en tête dudit symbole OFDM.

10 Dans cet exemple de réalisation, le signal radio a une structure de trame radio comportant des données d'en-tête et des données dites utiles représentées par des symboles OFDM.

Ce convertisseur analogique numérique 201 convertit le signal reçu en un signal numérique à la fréquence d'échantillonnage de l'horloge 214. Les données numériques échantillonnées ainsi obtenues sont transmises à une  
15 unité de détection de début de trame 202 par l'intermédiaire d'un bus 211, ainsi qu'à une mémoire tampon MEM\_TAMPON 204 de type, par exemple, registre à décalage à laquelle va accéder une unité de synchronisation 203.

L'unité de détection de début de trame 202 cadencée par une horloge 214 détecte la présence ou non d'une trame en détectant ou non la  
20 présence d'une donnée spécifique F parmi les données échantillonnées. Cette unité détecte suivant une méthode de corrélation, connue de l'homme du métier, un pic de corrélation correspondant au début effectif de la trame à un décalage  $\Delta 1$  près. Ce décalage  $\Delta 1$  est non constant du fait de l'imprécision de cette détection pour certains canaux radio.

25 L'étape de corrélation est effectuée à partir des  $N_e$  échantillons dernièrement écrits dans la MEM\_TAMPON 204. L'unité de détection de début de trame 202 lit donc ces  $N_e$  échantillons par l'intermédiaire du bus 211 dans cette mémoire MEM\_TAMPON 204 à partir d'une adresse 0 jusqu'à une adresse  $N_e-1$ . Cette corrélation est réalisée à chaque fois qu'un nouvel  
30 échantillon est chargé dans la MEM\_TAMPON 204. Chaque nouvel échantillon est écrit à l'adresse 0 de cette mémoire. Quand un nouvel échantillon est écrit dans la mémoire MEM-TAMPON 204, tous les autres échantillons sont écrits



dans l'adresse suivante (incrément de 1 de l'adresse) et, si la mémoire MEM\_TAMPON 204 est pleine, le plus ancien échantillon est perdu.

Le résultat de la corrélation est comparé à un seuil prédéterminé pour effectuer un bon compromis entre la probabilité de fausse alarme et celle de non détection d'une trame existante. Le dernier échantillon pris en compte dans le calcul de corrélation pour lequel le seuil a été dépassé est pris comme instant de début de trame détecté et un signal de début de trame détecté 209 est envoyé à cet instant-là, noté T, à une unité de synchronisation des symboles OFDM notée 203.

Ce dernier échantillon constitue, au sens de l'invention, une donnée spécifique F parmi les données échantillonnées.

L'instant de début de trame détecté correspond en fait à l'instant d'apparition de la donnée spécifique F et identifie la position de ce dernier parmi les autres données.

Il convient de noter que la détection de l'instant d'apparition de cette donnée spécifique (début de trame) n'est pas aussi précise qu'on le souhaiterait.

Plus particulièrement, un signal de "réveil" active et initialise le convertisseur analogique / numérique 201 et l'unité de détection de début de trame 202. De même, un signal de "sommeil" désactive le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame. Ces signaux peuvent être fournis par une couche supérieure de contrôle ou par un circuit disposé au niveau du modem.

Ainsi, le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame sont actifs pendant un intervalle de temps limité correspondant à un nombre d'échantillons noté  $N_{listen}$  tous les  $N_{burst}$  échantillons, de façon à ce que le nœud récepteur B puisse être en mesure d'écouter, de manière cyclique, si le nœud émetteur A tente de lui transmettre un autre signal.

Ceci a pour but d'économiser de l'énergie au niveau du récepteur. Les nombres d'échantillons  $N_{burst}$  et  $N_{listen}$  sont déterminés en fonction des besoins du système de communication. Tant que le nœud récepteur reçoit des

données d'une trame qui lui sont transmises, le signal de sommeil n'est pas pris en compte. Quand par contre le nœud récepteur ne reçoit plus de données appartenant à la trame, le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame se désactivent au bout d'un certain de latence, noté TL, déterminé en fonction des besoins du système.

Si l'alimentation en énergie est suffisante, il peut être envisagé de laisser le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame actifs en permanence.

La partie décrite de l'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 est activée à la réception du signal de début de trame détecté 209. L'autre partie de cette unité de synchronisation 203 est non essentielle pour comprendre l'invention. Cette unité envoie un index de synchronisation IS 213 à la mémoire MEM\_TAMPON 204 qui pointe sur une adresse IS. L'unité 203 envoie également un signal de début de synchronisation fine 210 et un signal contenant des paramètres d'égalisation prédéterminés 215 à une unité de synchronisation fine 205. En outre, l'unité 203 délivre un signal de référence 64 qui va permettre, de façon très précise, de fournir un instant de référence à la couche supérieure (CPU 40).

Une description partielle détaillée de l'unité de synchronisation des symboles OFDM sera explicitée ultérieurement en référence à la figure 9.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 reçoit un signal d'horloge d'échantillonnage 219 provenant de l'horloge d'échantillonnage 214.

Quand la mémoire MEM\_TAMPON 204 reçoit un nouvel index IS 213, elle rend disponible à la lecture pour l'unité de synchronisation fine 205 les N échantillons allant de l'adresse IS à IS+N-1.

L'unité 203 a permis d'obtenir la position, dans le premier symbole OFDM de la trame, d'un point de synchronisation qui est éloigné au plus d'une demie période de l'horloge d'échantillonnage 214 du point idéal de synchronisation.

Dans cette unité de synchronisation des symboles OFDM 203 on procède au sens de l'invention, à la détection, parmi des données

échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique E qui correspond, dans le cas présent au dernier échantillon de données du premier symbole OFDM. Cet instant suit l'instant de début de trame (instant d'apparition de l'autre donnée spécifique F) et apporte une plus grande  
 5 précision dans la détection de l'instant d'apparition de la donnée spécifique E que la précision obtenue lors de la détection de l'instant d'apparition de la donnée spécifique F. Ceci va permettre d'affiner la précision avec laquelle l'instant de référence est déterminé au sens de l'invention.

L'instant d'apparition de l'échantillon en question identifie la  
 10 position de ce dernier parmi tous les échantillons de la trame.

Cette unité 203 met en œuvre, au sens de l'invention, une corrélation des données échantillonnées dans le domaine fréquentiel, après avoir effectué sur ces données une transformée de Fourier rapide.

Il convient de noter que la corrélation peut également être  
 15 effectuée dans le domaine temporel.

L'unité de synchronisation fine 205 effectue également une transformée de Fourier rapide notée FFT ("Fast Fourier Transform" en terminologie anglosaxonne) de taille N sur les échantillons reçus et corrige éventuellement les sorties de sa FFT en utilisant le signal précité contenant des  
 20 paramètres d'égalisation prédéterminés 215. Ce type d'égalisation est classique et connu de l'homme du métier. Les échantillons sont dits alors échantillons égalisés.

La synchronisation fine consiste à calculer un délai fractionnel  $\tau^*$  maximisant la corrélation entre la séquence de référence des sous porteuses pilotes et les échantillons égalisés correspondant aux sous porteuses pilotes.  
 25

Une mise en œuvre de cette technique est connue et décrite dans le brevet US5444697.

Une phase égale à  $\omega_i \tau^*$  est ajoutée à la phase de chaque échantillon égalisé, où  $\omega_i$  est la pulsation de la  $i$ -ième sous porteuse.

30 L'unité de synchronisation fine met en œuvre, au sens de l'invention, une corrélation qui affine la précision obtenue avec l'unité 203 sur la

détection de l'instant d'apparition de la donnée spécifique E (position d'un échantillon d'un symbole OFDM).

Ensuite, les échantillons égalisés et synchronisés sont fournis à une unité 206 de conversion de symboles complexes en données binaires. Les données binaires sont alors désentrelacées et décodées dans les blocs 207 et 208 dans le cas où, à l'émission, les données avaient été codées et entrelacées. Finalement, le modem 46 fournit des données correctement démodulées, désentrelacées et décodées sur le bus 52 (figures 1 et 5).

Comme annoncé plus haut, la figure 9 est une vue détaillée de l'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 du modem 46 du nœud récepteur ou dispositif de réception B.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 comporte un module de transformée de Fourier rapide FFT 221. Le module de FFT 221 a pour fonction la réalisation d'une transformation de Fourier rapide sur un nombre N d'échantillons qui lui sont fournis. Les sorties du module de FFT 221 sont au nombre de N et sont des symboles complexes. N est le nombre d'échantillons constitutifs du symbole OFDM sans intervalles de garde et représente également le nombre de sous-porteuses du symbole OFDM.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 comporte un compteur d'échantillons 220. Le compteur d'échantillons 220, dès lors qu'il est activé, a pour fonction de compter les impulsions ou coups de l'horloge d'échantillonnage 214. Ce compteur 220 est initialisé à la valeur 0.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 comporte une unité de traitement 218 qui est par exemple un microprocesseur. Cette unité de traitement 218 met en oeuvre un algorithme dont l'organigramme est représenté à la figure 10 en utilisant les différents signaux, mémoires et unités disponibles au niveau de l'unité de synchronisation de symboles 203.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 comporte une unité d'entrées / sorties E/S noté 222 permettant l'accès au bus 211, la lecture du signal de début de trame détecté 209, l'envoi du signal de début de synchronisation fine 210, l'envoi de l'index de synchronisation 213, l'envoi du signal de référence 64, l'envoi d'un signal contenant des paramètres

d'égalisation prédéterminés 215, et la réception du signal d'horloge d'échantillonnage 219.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient une mémoire morte 216 avec des zones mémoires MEM\_Δ, MEM\_N, MEM\_G, MEM\_P, MEM\_offset, MEM\_X, MEM\_k, MEM\_SEQ, MEM\_EGA.

MEM\_EGA est une zone mémoire constituée de N emplacements contenant chacun un paramètre prédéterminé de correction de phase et d'amplitude, dit paramètre d'égalisation. Chacun de ces N paramètres d'égalisation est destiné à corriger l'amplitude et la phase d'une sous-porteuse différente du symbole OFDM, qui comporte N sous-porteuses.

Chaque sous-porteuse correspond à un symbole complexe d'une des sorties du module de FFT 221. Un symbole complexe est représenté par une valeur d'amplitude et de phase.

Les N paramètres d'égalisation de la zone mémoire MEM\_EGA sont des données d'égalisation destinées à compenser les distorsions connues causées par les circuits du nœud émetteur A et du nœud récepteur B. L'application de ces paramètres d'égalisation est connue de l'homme du métier.

MEM\_SEQ est une zone mémoire avec P emplacements contenant chacun un symbole complexe de phase et d'amplitude prédéterminés correspondant à une sous-porteuse pilote. MEM\_SEQ contient donc une séquence de référence des sous-porteuses pilotes sous forme de valeurs complexes. Chacun des P emplacements de la zone mémoire MEM\_SEQ représente donc l'amplitude et la phase du symbole complexe utilisé à l'émission pour la modulation d'une sous-porteuse pilote différente parmi les P sous-porteuses pilotes que contient le symbole OFDM.

Ces deux zones mémoire sont classiques et connues de l'homme du métier.

MEM\_Δ correspond à la durée prédéterminée entre l'instant d'apparition du premier symbole OFDM en entier (donc de l'écriture du dernier échantillon de ce premier symbole en mémoire) et l'envoi du signal de référence 64. Cette durée est supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi les données échantillonnées du premier symbole OFDM, de

l'instant d'apparition de la donnée spécifique E, c'est-à-dire du dernier échantillon de ce premier symbole OFDM.

La mémoire morte 216 comporte également une zone mémoire PROG dans laquelle sont contenus les différentes instructions ou étapes du programme informatique basé sur l'algorithme précédemment mentionné.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 comporte également une mémoire vive 217 avec des zones mémoires MEM\_CORR, MEM\_SYNC, MEM\_EGP, MEM\_m, MEM\_p, MEM\_i, MEM\_MAX, MEM\_iMAX, MEM\_ind.

MEM\_CORR est un tableau à 2 colonnes contenant les résultats des corrélations effectuées par l'unité de traitement 218 ainsi qu'un indice associé. Cet indice représente le nombre d'échantillons nouveaux par rapport à la première corrélation effectuée lors de la synchronisation du symbole OFDM concerné.

MEM\_SYNC est un tableau à 2 colonnes contenant les indices du pic de corrélation de chaque symbole OFDM ainsi que l'indice correspondant de chaque symbole OFDM. Le premier symbole OFDM reçu a pour indice 0 et le s\_ième symbole OFDM reçu a pour indice s-1.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 comporte par ailleurs un bus de données 223 reliant entre eux l'unité d'entrées sorties 222, la mémoire morte 216, la mémoire vive 217, le module de FFT 221, le compteur d'échantillons 220, et l'unité de traitement 218.

La figure 10 est un organigramme détaillé des instructions ou étapes effectuées par l'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 du modem 46 du nœud ou dispositif de réception B, et éventuellement de l'unité de détection de début de trame 202, conformément au procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données selon l'invention.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 constitue, au sens de l'invention, un dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données.

Ce dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données peut également inclure l'unité de détection de début de

trame 202 et être représenté par le bloc 240 sur la figure 8, lorsque l'invention prévoit également d'inclure l'étape de détection de l'instant d'apparition du signal de début de trame.

5 L'unité de traitement 218 exécute les différentes instructions de l'algorithme. Lors d'une étape E200, l'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 est activée quand elle reçoit un signal de début de trame détecté 209 et l'étape E201 est alors enclenchée.

10 A l'étape E201, l'unité de traitement 218 attend un nombre X coups provenant de l'impulsions ou d'horloge d'échantillonnage 214, puis enclenche l'étape suivante E203.

X est un nombre entier dimensionné en fonction du système et notamment de la structure de la trame de données reçue. X est une valeur lue dans la mémoire morte MEM\_X par l'unité de traitement 218.

15 Entre l'instant de détection du début de trame et l'instant où la mémoire MEM\_TAMPON 204 comprend tous les échantillons du premier symbole OFDM à synchroniser, il peut y avoir un grand nombre d'impulsions de l'horloge 214 et il n'est pas obligatoirement nécessaire de lancer la procédure de synchronisation de symboles OFDM tout de suite. Ceci explique l'intérêt d'attendre un nombre X d'impulsions d'horloge d'échantillonnage 214.

20 On entend ici par "synchroniser" le fait de rendre disponible à la lecture pour l'unité de synchronisation fine 205 uniquement les N échantillons appartenant au symbole OFDM. Ceci est réalisé par la fourniture d'un index de synchronisation IS 213 à la MEM\_TAMPON 204.

25 Lors de l'étape E203, le compteur d'échantillons 220 est activé et la valeur courante "n" de ce compteur 220 est initialisée à 0.

Les variables contenues dans MEM\_m, MEM\_p, MEM\_i, MEM\_MAX, MEM\_iMAX, MEM\_ind, MEM\_SYNC, MEM\_CORR sont initialisées à 0. A chaque impulsion fournie par l'horloge d'échantillonnage 214, la valeur "n" du compteur d'échantillons 220 est incrémentée de 1.

30 A l'étape suivante E204 de l'algorithme, l'unité de traitement 218 lit, d'une part, dans la mémoire vive 217 la variable m à l'adresse MEM\_m et la

variable  $i$  à l'adresse MEM<sub>i</sub>, et, d'autre part, la valeur  $n$  en sortie du compteur 220 et effectue le calcul  $n-m$ .

Si le résultat de ce calcul  $n-m$  est positif ou nul et si  $i$  est nul, l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E205.

5 Si le résultat  $n-m$  est strictement négatif ou si  $i$  n'est pas nul, l'unité de traitement 218 effectue de nouveau les tests lors de la prochaine impulsion de l'horloge d'échantillonnage 214.

L'algorithme comporte une étape E205, au cours de laquelle l'unité de traitement 218 lit  $i$ , et  $m$  dans la mémoire vive à leurs adresses  
10 respectives et lit  $n$  en sortie du compteur d'échantillons 220.

L'unité de traitement effectue le calcul  $n-m-i$  et écrit le résultat "ind" dans la mémoire vive à l'adresse MEM<sub>ind</sub>.

L'unité de traitement 218 lit ensuite le nombre  $N$  en mémoire morte à l'adresse MEM<sub>N</sub> et le résultat ind en mémoire vive à l'adresse  
15 MEM<sub>ind</sub>.

Cette unité déclenche à l'étape suivante 206 la lecture et le traitement par le module de transformée de Fourier 221 de  $N$  échantillons de données lus à partir de l'adresse ind jusqu'à ind+ $N-1$  dans la mémoire MEM<sub>TAMPON</sub> 204, par l'intermédiaire du bus 223, de l'unité d'entrées /  
20 sorties 222 et du bus 211.

*L'unité de traitement 218 lit en mémoire morte dans MEM<sub>P</sub>, le nombre et la position des pilotes du symbole OFDM parmi les  $N$  sous-porteuses. Ainsi, l'unité de traitement 218 vient lire un nombre  $P$  de sorties prédéterminées du module de FFT 221 parmi les  $N$  sorties.*

25 Le nombre  $P$  est le nombre de sous-porteuses pilotes du symbole OFDM. Une sous-porteuse pilote est, premièrement, une sous-porteuse dont le récepteur connaît la position dans le domaine des fréquences par rapport à toutes les autres sous-porteuses du symbole OFDM et, deuxièmement, une sous-porteuse qui a été modulée à l'émission par un symbole complexe  
30 d'amplitude et de phase connues du récepteur.

Les  $P$  sorties prédéterminées du module 221 sont les sorties sur lesquelles doivent se trouver les symboles complexes correspondant à ceux



des sous-porteuses pilotes si, en entrée du module de FFT 221, les N échantillons lus sont ceux du même symbole OFDM.

L'unité de traitement 218 lit les paramètres d'égalisation dans la zone mémoire MEM\_EGA aux P emplacements correspondant aux sous-  
 5 porteuses pilotes. L'unité 218 applique ces derniers paramètres d'égalisation aux P sorties prédéterminées du module de FFT 221 selon une méthode classique et connue de l'homme du métier afin d'obtenir un nombre P de symboles complexes dits égalisés dont l'amplitude et la phase sont affranchies des distorsions engendrées par le canal de transmission.

10 L'unité de traitement 218 écrit dans une zone MEM\_EGP de la mémoire vive 217 les valeurs des P symboles complexes égalisés. L'unité de traitement 218 enclenche ensuite l'étape E207.

Lors de l'étape E207, l'unité de traitement 218 lit la séquence de P symboles complexes dans la zone mémoire MEM\_SEQ de la mémoire morte et  
 15 lit dans la zone MEM\_EGP de la mémoire vive la séquence de P symboles complexes égalisés.

L'unité de traitement 218 effectue ensuite une opération de corrélation classique et connue de l'homme du métier entre ces deux dernières séquences.

20 L'unité de traitement 218 lit la variable i en mémoire à l'adresse MEM\_i.

L'unité de traitement 218 écrit dans le tableau à 2 colonnes MEM\_CORR de la mémoire vive le résultat de cette corrélation ainsi que la variable i associé sur la même ligne. L'unité de traitement 218 enclenche l'étape  
 25 E208.

A l'étape E208, L'unité de traitement 218 lit la variable i en mémoire à l'adresse MEM\_i. L'unité de traitement 218 lit la valeur notée Maxcorr dans une zone mémoire MEM\_MAX. L'unité de traitement 218 lit dans le tableau MEM\_CORR la valeur de corrélation correspondant à la variable i et  
 30 notée Corr(i). Si la valeur de corrélation Corr(i) est supérieure ou égale à Maxcorr, alors l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E209, sinon elle enclenche l'étape E211.

A l'étape E209, l'unité de traitement 218 écrit la valeur de corrélation  $\text{Corr}(i)$  dans la zone mémoire  $\text{MEM\_MAX}$ , et  $i$  dans la zone mémoire  $\text{MEM\_iMAX}$  puis passe à l'étape E210.

5 A l'étape E210, l'unité de traitement 218 incrémente de 1 la valeur  $i$  à l'adresse  $\text{MEM\_i}$  puis passe à l'étape E205.

Si la valeur de corrélation  $\text{Corr}(i)$  n'est pas supérieure ou égale à  $\text{Maxcorr}$ , alors l'étape E208 est suivie d'une étape E211.

10 Lors de cette étape E211, l'unité de traitement 218 lit dans le tableau  $\text{MEM\_CORR}$  la valeur de corrélation  $\text{Corr}(i)$  correspondant à la variable  $i$ . L'unité de traitement lit dans la mémoire morte à l'adresse  $\text{MEM\_k}$ , la valeur d'une variable notée  $k$ .

Si  $k$  est strictement supérieur à  $i$  alors l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E212.

15 Si  $k$  est inférieur ou égal à  $i$ , l'unité de traitement lit de manière itérative dans le tableau  $\text{MEM\_CORR}$  la valeur de corrélation  $\text{Corr}(j)$  correspondant à l'indice  $j$  allant de 1 à  $k$ . En outre, si pour toutes les valeurs de  $j$ ,  $\text{Corr}(i-j)$  est strictement inférieur à  $\text{Corr}(i)$ , alors l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E215, sinon elle enclenche l'étape E212.

20 Au cours de l'étape E212, l'unité de traitement 218 incrémente de 1 la valeur  $i$  à l'adresse  $\text{MEM\_i}$ , puis passe à l'étape E205 déjà écrite ci-dessus.

25 Il convient de noter que les étapes E205 à E212 forment une boucle informatique et correspondent à une phase de recherche d'un maximum parmi les données échantillonnées. Cette boucle correspond en fait à la détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant d'apparition ou de la position de la donnée spécifique  $E$  mentionnée plus haut (dernier échantillon du premier symbole OFDM).

30 A l'étape E215, l'unité de traitement 218 lit l'indice noté  $S(p)$  correspondant au pic de corrélation du  $p+1$  ième symbole OFDM dans la zone mémoire  $\text{MEM\_iMAX}$ ,  $m$  dans la zone mémoire  $\text{MEM\_m}$  et  $p$  dans la zone mémoire  $\text{MEM\_p}$ .  $p$  représente l'indice ou l'ordre du symbole OFDM dans la trame. Le premier symbole sur lequel on effectue la recherche du pic de corrélation a pour indice 0.

L'unité de traitement 218 écrit en mémoire vive dans le tableau à 2 colonnes MEM\_SYNC le résultat du calcul  $m + S(p)$  ainsi que l'indice  $p$  associé sur la même ligne.

5 L'unité de traitement 218 lit la valeur courante  $n$  du compteur d'échantillons 220, calcule la différence  $n - m - S(p)$ , puis envoie un index de synchronisation IS 213 à la mémoire MEM\_TAMPON 204 qui pointe sur l'adresse ayant pour valeur le résultat de ce calcul.

L'unité de traitement 218 envoie également un signal de début de synchronisation fine 210 à l'unité de synchronisation fine 205 de la figure 8.

10 Si  $p=0$ , l'unité de traitement 218 lit une valeur notée  $\Delta$  contenue à l'adresse MEM\_ $\Delta$  dans la mémoire morte et lit la valeur notée  $S(0)$  à l'adresse MEM\_iMAX dans la mémoire vive. L'unité de traitement 218 calcule la somme  $\Delta + S(0)$ . L'unité de traitement 218 envoie un signal correspondant à l'instant de référence qui vient d'être déterminé quand la valeur du compteur d'échantillons  
15  $n$  est égal au résultat du calcul  $\Delta + S(0)$ . Ce signal ou instant de référence est utilisé tel quel dans les figures 2a et 6a comme décrit en référence à ces figures.

La valeur  $\Delta$  correspond à une durée qui est choisie de manière à être supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour détecter, parmi  
20 les données échantillonnées, l'instant d'apparition ou la position de la donnée spécifique E ou dernier échantillon du premier symbole OFDM.

Cette valeur  $\Delta$  est ainsi choisie pour que l'instant de référence  $t_B$ ,  $t_{B'}$  en découle ne soit pas dépassé au moment où l'on souhaite enregistrer la valeur de référence  $N(t_B)$ ,  $N(t_{B'})$  correspondant à cet instant de référence qui  
25 identifie l'apparition d'un événement de référence parmi les données échantillonnées reçues.

L'événement de référence est donc déterminé lorsque l'instant de référence vient d'être déterminé de la façon qui précède.

30 L'unité de traitement 218 enclenche ensuite l'étape E213 au cours de laquelle cette unité incrémente de 1 la valeur  $p$  à l'adresse MEM\_ $p$  de la mémoire, puis passe à l'étape E214.

Lors de l'étape E214, l'unité de traitement 218 initialise la variable  $i$  à l'adresse MEM\_i à 0 et initialise le contenu du tableau MEM\_CORR à 0. L'unité de traitement 218 lit  $p$  à l'adresse MEM\_p et  $S(0)$  dans le tableau MEM\_SYNC dans la mémoire vive. L'unité de traitement 218 lit également les  
 5 valeurs  $N$  à l'adresse MEM\_N,  $G$  à l'adresse MEM\_G et "offset" à l'adresse MEM\_offset dans la mémoire morte.

L'unité de traitement 218 calcule ensuite  $p \cdot (N+G) + S(0) - \text{offset}$  et écrit le résultat de ce calcul à l'adresse MEM\_m dans la mémoire vive.  $G$  est le nombre d'échantillons correspondant à l'intervalle de garde d'un symbole  
 10 OFDM. "offset" est une petite valeur destinée à rendre le calcul plus fiable.

L'étape E204 est alors de nouveau effectuée comme décrit plus haut.

Il convient de noter qu'il peut être intéressant d'effectuer plusieurs étapes de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant d'apparition  
 15 de plusieurs symboles OFDM successifs.

Ainsi, chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position (par exemple le dernier échantillon) d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame.

20 Cette position est bien entendu déterminée avec plus ou moins de précision d'un symbole OFDM à l'autre.

Il est donc possible de déterminer la position relative de ces données spécifiques les unes par rapport aux autres au vu de la structure de la trame de données émise, ce qui permet notamment d'évaluer les perturbations  
 25 affectant le canal de communication radio.

### REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- réception des données,
- 5                   - échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,
- détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique (E),
- caractérisé en ce que ledit procédé comporte également une
- 10   étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données.

- 15                   3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée
- 20   spécifique (E).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comporte, plus particulièrement, au moins une étape de corrélation sur les données

25   échantillonnées.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine temporel.

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine fréquentiel.

- 30                   7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée après une étape de

transformation des données échantillonnées par une matrice de transformée de Fourier.

8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comporte, plus particulièrement, deux étapes de corrélation sur les données échantillonnées.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la deuxième étape de corrélation est une étape d'affinage de la précision obtenue sur la détection de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E).

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les données reçues forment une trame de données.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la trame de données comporte des données constituant un en-tête et des données dites utiles.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

14. Procédé selon la revendication 11 ou 13, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données d'un symbole OFDM.

15. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de détection, parmi les données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, d'un instant d'apparition d'une autre donnée spécifique (F) qui précède l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E).

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'autre donnée spécifique (F) représente une partie de l'en-tête.

17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition des données spécifiques (F) et (E) auxquels est ajoutée une durée supérieure au

temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

18. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comporte, plus particulièrement, une étape de corrélation sur ces données échantillonnées.

19. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comporte, plus particulièrement, une étape de détection de la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées.

20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs étapes de détection, parmi les données échantillonnées, d'instant d'apparition d'autres données spécifiques.

21. Procédé selon les revendications 14 et 20, caractérisé en ce que chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame de données.

22. Procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception d'une trame de données comportant des données constituant un en-tête et des données dites utiles selon la revendication 1, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- réception de ladite trame de données,
- échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,
- détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition de l'en-tête,
- détection, parmi d'autres données échantillonnées de la trame, d'au moins un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique (E),

caractérisé en ce que ledit procédé comporte une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, des instants d'apparition respectifs dudit en-tête et de la au moins une donnée spécifique (E).

5                   23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce que la donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données utiles.

                  24. Procédé selon l'une des revendications 22 ou 23, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition respectifs dudit en-tête et de la donnée spécifique (E) auxquels est ajoutée une  
10                   durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

                  25. Procédé selon l'une des revendications 22 à 24, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant  
15                   d'apparition de l'en-tête et/ou d'au moins une donnée spécifique (E) comporte, plus particulièrement, au moins une étape de corrélation sur les données échantillonnées.

                  26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine  
20                   temporel.

                  27. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine fréquentiel.

                  28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que  
25                   ladite au moins une étape de corrélation est effectuée après une étape de transformation des données échantillonnées par une matrice de transformée de Fourier.

                  29. Procédé selon l'une des revendications 25 à 28, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant  
30                   d'apparition de la au moins une donnée spécifique comporte, plus particulièrement, une étape de corrélation sur les données échantillonnées.



30. Procédé selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'étape de corrélation effectuée lors de la détection de l'instant d'apparition de la donnée spécifique (E) est une étape d'affinage de la précision obtenue sur la détection de l'instant d'apparition de l'en-tête.

5           31. Procédé selon l'une des revendications 22 à 30, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

32. Procédé selon l'une des revendications 22 à 31, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

10           33. Procédé selon la revendication 31 ou 32, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (F) correspond à un échantillon de données d'un symbole OFDM.

15           34. Procédé selon l'une des revendications 22 à 33, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi des données échantillonnées de l'instant d'apparition de l'en-tête de la trame de données comporte, plus particulièrement, une étape de détection de la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées.

35. Procédé selon l'une des revendications 22 à 34, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs étapes de détection, parmi les données utiles échantillonnées, d'instant d'apparition d'autres données spécifiques.

20           36. Procédé selon les revendications 33 à 35, caractérisé en ce que chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame de données.

25           22. Procédé de contrôle de la synchronisation en fréquence entre au moins deux nœuds (A, B) d'un réseau de communication comportant chacun une horloge de fréquence déterminée, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes :

30           - détermination, au niveau du nœud A, de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge dudit nœud A et identifiant l'apparition de deux événements dits de référence liés à deux ensembles de données,

- réception au niveau du nœud B desdits deux ensembles de données transmis par le nœud A,

- échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,

- détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

- détermination, au niveau dudit nœud B, de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

- détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,

- détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,

- comparaison entre les première et seconde informations,

- contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

24. Procédé selon la revendication 22 ou 23, caractérisé en ce que chaque instant de référence est identifié au niveau du nœud considéré par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence et l'étape de détermination d'un instant de référence correspond à une étape de

détermination de la valeur de référence représentative dudit instant de référence.

25. Procédé selon la revendication 24, caractérisé en ce que chaque information est obtenue en formant la différence entre deux valeurs de référence identifiant les deux instants de référence considérés.

26. Procédé selon l'une des revendications 22 à 25, caractérisé en ce que la première information est représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  et la seconde information est représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$ .

27. Procédé selon l'une des revendications 22 à 26, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de transmission de la première information du nœud émetteur vers le nœud récepteur.

28. Procédé selon la revendication , caractérisé en ce que l'étape de comparaison a lieu au niveau du nœud récepteur.

29. Procédé selon l'une des revendications 22 à 25, caractérisé en ce que la première information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_B$  et la seconde information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A'$  et  $t_B'$ .

30. Procédé de réception de données, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes effectuées au niveau du nœud (B) :

- réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,

- réception d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à une horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,

- échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,

- détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

5                   - détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

10                   - détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ ,

                  - comparaison entre les première et seconde informations,

                  - contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

15                   31. Procédé selon la revendication 30, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de  
20                   l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

                  32. Procédé selon la revendication 30 ou 31, caractérisé en ce que chaque instant de référence est identifié au niveau du nœud considéré par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence et l'étape de détermination d'un instant de référence correspond à une étape de  
25                   détermination de la valeur de référence représentative dudit instant de référence.

                  33. Procédé selon la revendication 32, caractérisé en ce que chaque information est obtenue en formant la différence entre deux valeurs de référence identifiant les deux instants de référence considérés.

30                   34. Procédé de réception de données, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes effectuées ; au niveau du nœud (B) :

69. Réseau de communication comportant au moins deux bus de communication série reliés entre eux par un pont, caractérisé en ce que ledit pont est conforme à l'une des revendications 62 à 64.

5 70. Réseau de communication comportant au moins deux bus de communication série reliés entre eux par un pont, caractérisé en ce que ledit réseau comporte un appareil de traitement de données selon l'une des revendications 65 à 68.

10 71. Réseau de communication comportant au moins un bus de communication série, caractérisé en ce que ledit réseau comporte un nœud de communication conforme à la revendication 61 et qui est relié audit au moins un bus de communication série.

65

Feuille avant rectification

## DESCRIPTION FIGURE 8

La figure 8 est une vue détaillée du modem 46 du dispositif de réception B. Le signal radio reçu par l'antenne 50, après avoir été amplifié, filtré, transposé en fréquence est transmis au convertisseur analogique numérique 201. Ce signal OFDM analogique transmis au modem 46 comprend des intervalles de garde, des sous porteuses pilotes et des sous porteuses modulées par des données. L'intervalle de garde de chaque symbole OFDM est habituellement construit à l'émission par la copie à la fin du symbole OFDM d'un certain nombre d'échantillons de tête dudit symbole OFDM.

Ce convertisseur analogique numérique 201 convertit le signal reçu en un signal numérique à la fréquence d'échantillonnage de l'horloge 214. L'information numérique ainsi obtenue est transmise à la sous-unité de détection de début de trame 202 par l'intermédiaire du bus 211, ainsi qu'à une mémoire tampon MEM\_TAMPON 204 de type, par exemple, registre à décalage à laquelle va accéder la sous-unité de synchronisation 203.

L'unité de détection d'un instant de référence 240 comporte deux sous-unités 202 et 203. La sous-unité de détection de début de trame 202 cadencée par l'horloge 214 détecte la présence ou non d'une trame. Elle détecte suivant une méthode connue de l'homme du métier un pic de corrélation correspondant au début effectif de la trame à un délai  $\Delta 1$  près. Ce délai  $\Delta 1$  est non constant du fait de l'imprécision de cette détection pour certains canaux radio.

La corrélation est réalisée à partir des  $N_e$  échantillons dernièrement écrits dans la MEM\_TAMPON 204. La sous-unité de détection de début de trame 202 lit donc ces  $N_e$  échantillons par l'intermédiaire du bus 211 dans cette mémoire MEM\_TAMPON 204 à partir de l'adresse 0 jusqu'à l'adresse  $N_e-1$ . Cette corrélation est réalisée à chaque fois qu'un nouvel échantillon est chargé dans la MEM\_TAMPON 204. Chaque nouvel échantillon est écrit à l'adresse 0 de la MEM\_TAMPON 204. Quand un nouvel échantillon est écrit dans la mémoire MEM\_TAMPON 204, tous les autres échantillons sont écrits dans l'adresse suivante (incrément de 1 de l'adresse) et si la mémoire MEM\_TAMPON 204 est pleine le plus ancien échantillon est perdu.

Le résultat de la corrélation est comparé à un seuil prédéterminé pour effectuer un bon compromis entre la probabilité de fausse alarme et celle de non détection d'une trame existante. Le dernier échantillon pris en compte dans le calcul de corrélation pour lequel le seuil a été dépassé est pris comme instant de début de trame détecté et un signal de début de trame détecté 209 est envoyé à ce moment là T à la sous-unité de synchronisation des symboles OFDM 203.

Dans un mode particulier de l'invention, un signal de réveil / sommeil 230 active et initialise le convertisseur analogique / numérique 201 et la sous-unité de détection de début de trame 202. De même, un signal de réveil / sommeil 230 désactive le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame. Ces signaux peuvent être fournis par une couche supérieure de contrôle ou par un circuit au niveau du modem.

Ainsi, le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame sont actifs pendant un intervalle de temps limité correspondant à un nombre d'échantillons  $N_{\text{listen}}$  tous les  $N_{\text{burst}}$  échantillons, de façon à ce que le récepteur de manière cyclique puisse être en mesure d'écouter si un émetteur tente de lui transmettre un signal. Ce procédé a pour but d'économiser de l'énergie au niveau du récepteur.  $N_{\text{burst}}$  et  $N_{\text{listen}}$  sont déterminés en fonction des besoins du système de communication. Tant que le récepteur reçoit des données d'une trame qui lui sont transmises, le signal de réveil / sommeil 230 n'est pas pris en compte. Quand le récepteur ne reçoit plus de données appartenant à la trame, le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame se désactivent au bout d'un certain de latence TL déterminé en fonction des besoins du système.

66

FICHE 20-100 1000-1000

*Description Figure 8 (suite)*

Si l'alimentation en énergie est suffisante, il peut être envisagé de laisser le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame en permanence actifs.

La sous-unité de synchronisation de symboles OFDM 203 s'active à la réception du signal de début de trame détecté 209. Elle envoie un index de synchronisation IS 213 à la MEM\_TAMPON 204 qui pointe sur l'adresse IS, un signal de début de synchronisation fine 210 et un signal contenant des paramètres d'égalisation prédéterminés 215 à l'unité de synchronisation fine 205, ainsi qu'un signal de référence 64 qui va permettre de façon très précise d'indiquer un instant de référence à la couche supérieure (CPU 40). Une description détaillée de l'unité de synchronisation des symboles OFDM sera explicitée ultérieurement. La sous-unité de synchronisation de symboles OFDM 203 reçoit un signal d'horloge d'échantillonnage 219 provenant de l'horloge d'échantillonnage 214.

Quand la MEM\_TAMPON 204 reçoit un nouvel index IS 213, elle rend disponible en lecture pour l'unité de synchronisation fine 205 les N échantillons allant de l'adresse IS à IS+N-1, par l'intermédiaire d'un signal 212 noté échantillons de données utiles.

L'unité 203 a permis d'obtenir un point de synchronisation éloigné au plus d'une demie période d'horloge d'échantillonnage 214 du point idéal de synchronisation.

L'unité de synchronisation fine 205 effectue une FFT (Fast Fourier Transform en français transformée de Fourier rapide) de taille N sur les échantillons reçus et corrige éventuellement les sorties de sa FFT en utilisant le signal contenant des paramètres d'égalisation prédéterminés 215. Ce type d'égalisation est classique et connu de l'homme du métier. Les échantillons sont dits alors échantillons égalisés. La synchronisation fine consiste à calculer un délai fractionnel  $\tau^*$  maximisant la corrélation entre la séquence de référence des sous porteuses pilotes et les échantillons égalisés correspondant aux sous porteuses pilotes. Une implémentation de cette technique est connue et décrite dans le brevet US5444697. Une phase égale à  $\omega_i \tau^*$  est ajoutée à la phase de chaque échantillon égalisé, avec  $\omega_i$  la pulsation de la  $i$ -ième sous porteuse.

Ensuite, les échantillons égalisés et synchronisés sont ensuite fournis à une unité de conversion de symboles complexes en données binaires 206. Les données binaires sont ensuite désentrelacées et décodées dans les blocs 207 et 208 dans le cas où à l'émission avait été appliqué du codage et de l'entrelacement. Finalement le modem 46 fournit des données correctement démodulées, désentrelacées et décodées sur le bus 52.

67

## DESCRIPTION FIGURE 9

La figure 9 est une vue détaillée de l'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 du modem 46 du dispositif de réception B.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient un module de FFT 221. Le module de FFT 221 a pour fonction la réalisation d'une transformation de fourier rapide sur un nombre N d'échantillons qui lui sont fournis. Les sorties du module de FFT 221 sont en nombre N et sont des symboles complexes. N est le nombre d'échantillons du symbole OFDM sans intervalles de garde et aussi le nombre de sous-porteuses du symbole OFDM.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient un Compteur Echantillons 220. Le Compteur Echantillons 220, à partir de son activation, a pour fonction de compter les coups d'un d'horloge d'échantillonnage 214. Ce compteur 220 est initialisé à la valeur 0.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient une unité de traitement 218. Cette unité de traitement 218 met en oeuvre l'algorithme représenté dans l'organigramme de la figure 9 en utilisant les différents signaux, mémoires et unités disponibles au niveau de l'unité de synchronisation de symboles 203.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient une unité d'entrées sorties 222 permettant l'accès au bus 211, la lecture du signal de début de trame détecté 209, l'envoi du signal de début de synchronisation fine 210, l'envoi de l'index de synchronisation 213, l'envoi du signal de référence 64, l'envoi d'un signal contenant des paramètres d'égalisation prédéterminés 215, la réception du signal d'horloge d'échantillonnage 219.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient une mémoire morte 216 avec des zones mémoires MEM\_Δ, MEM\_Ne, MEM\_TH, MEM\_TRA, MEM\_N, MEM\_G, MEM\_P, MEM\_offset, MEM\_X, MEM\_k, MEM\_SEQ, MEM\_EGA.

MEM\_EGA est une zone mémoire avec N emplacements contenant chacun un paramètre prédéterminé de correction de phase et d'amplitude, dit paramètre d'égalisation. Chacun de ces N paramètres d'égalisation est destiné à corriger l'amplitude et la phase d'une sous-porteuse différente du symbole OFDM, constitué de N sous-porteuses. Chaque sous-porteuse correspond à un symbole complexe d'une des sorties du module de FFT 221. Un symbole complexe est représenté par une valeur d'amplitude et de phase. Les N paramètres d'égalisation de la zone mémoire MEM\_EGA sont des données d'égalisation destinées à compenser les distorsions connues causées par les circuits de l'émetteur et du récepteur. L'application de ces paramètres d'égalisation est connu de l'homme du métier.

MEM\_SEQ est une zone mémoire avec P emplacements contenant chacun un symbole complexe de phase et d'amplitude prédéterminés correspondant à une sous-porteuse pilote. MEM\_SEQ contient donc une séquence de référence des pilotes sous forme de valeurs complexes. Chacun des P emplacements de MEM\_SEQ représente donc l'amplitude et la phase du symbole complexe utilisé à l'émission pour la modulation d'une sous-porteuse pilote différente parmi les P sous-porteuses pilotes que contient le symbole OFDM.

Ces deux zones mémoire sont classiques et connus de l'homme du métier.

MEM\_Δ correspond au délai prédéterminé entre l'apparition du premier symbole OFDM en entier (donc de l'écriture du dernier échantillon de ce premier symbole en mémoire) et l'envoi du signal de référence 64.



*Description Figure 9(suite)*

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient une mémoire vive 217 avec des zones mémoires MEM\_CORR, MEM\_SYNC, MEM\_EGP, MEM\_m, MEM\_p, MEM\_i, MEM\_MAX, MEM\_IMAX, MEM\_ind.

MEM\_CORR est un tableau à 2 colonnes contenant les résultats des corrélations effectuées par l'unité de traitement 218 ainsi qu'un indice associé. Cet indice représente le nombre d'échantillons nouveaux par rapport à la première corrélation effectuée lors de la synchronisation du symbole OFDM concerné.

MEM\_SYNC est un tableau à 2 colonnes contenant les indices du pic de corrélation de chaque symbole OFDM ainsi l'indice de chaque symbole OFDM. Le premier symbole OFDM reçu a pour indice 0 et par suite le s\_ième symbole OFDM reçu a pour indice s-1.

L'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 contient un bus de données 223 reliant entre eux l'unité d'entrées sorties 222, la mémoire morte 216, la mémoire vive 217, le module de FFT 221, le Compteur Echantillons 220, et l'unité de traitement 218.

## DESCRIPTION FIGURE 10

La figure 10 est un organigramme détaillé des opérations effectués par l'unité de synchronisation de symboles OFDM 203 du modem 46 du dispositif de réception B.

A l'étape E200, l'unité de détection de début de trame 202 détecte la présence ou non d'une trame. Elle détecte suivant une méthode connue de l'homme du métier un maximum de corrélation correspondant au début effectif de la trame à un délai  $\Delta 1$  près. Ce délai  $\Delta 1$  est non constant du fait de l'imprécision de cette détection pour certains canaux radio.

L'unité de détection de début de trame 202 lit Ne en mémoire morte dans la zone mémoire MEM\_Ne. L'unité 202 lit un nombre Ne d'échantillons par l'intermédiaire du bus 211 dans la mémoire MEM\_TAMPON 204 à partir de l'adresse 0 jusqu'à l'adresse Ne-1. L'unité 202 réalise une opération de corrélation entre les Ne échantillons précédemment lus et une séquence de référence de début de trame de Ne échantillons stockée en mémoire morte dans MEM\_TRA.

L'unité 202 réalise une corrélation à chaque fois qu'un nouvel échantillon est chargé dans la MEM\_TAMPON 204. Chaque nouvel échantillon est écrit à l'adresse 0 de la MEM\_TAMPON 204. Quand un nouvel échantillon est écrit dans la mémoire MEM\_TAMPON 204, tous les autres échantillons sont écrits dans l'adresse suivante (incrément de 1 de l'adresse) et si la mémoire MEM\_TAMPON 204 est pleine le plus ancien échantillon est perdu.

L'unité 202 compare le résultat de la corrélation à un seuil prédéterminé TH lu en mémoire morte dans la zone MEM\_TH pour effectuer un bon compromis entre la probabilité de fausse alarme et celle de non détection d'une trame existante. Si le résultat du calcul de corrélation est supérieur au seuil TH, l'unité 202 envoie un signal de début de trame détecté 209.

L'unité de traitement 218 passe à l'étape suivante E201 quand elle reçoit le signal de début de trame détecté 209.

A l'étape E201, l'unité de traitement 218 attend X coups d'horloge d'échantillonnage 214, puis enclenche l'étape E203. X est un nombre entier dimensionné en fonction du système et notamment de la structure de la trame de données reçue. X est une valeur lue en mémoire morte MEM\_X par l'unité de traitement 218. Entre la détection du début de trame et la présence en MEM\_TAMPON 204 de tous les échantillons du premier symbole OFDM à synchroniser, il peut y avoir un grand nombre de coup de l'horloge 214 et il n'est pas obligatoirement nécessaire de lancer la procédure de synchronisation de symboles OFDM tout de suite, d'où l'intérêt d'attendre X coups d'horloge d'échantillonnage 214. On entend ici par synchroniser le fait de rendre disponible en lecture pour l'unité de synchronisation fine 205 uniquement les N échantillons appartenant au symbole OFDM. Ceci est fait par le passage d'un index de synchronisation IS 213 à la MEM\_TAMPON 204.

A l'étape E203, le Compteur Echantillons 220 est activé et la valeur n de ce compteur 220 est initialisée à 0. Les variables contenues dans MEM\_m, MEM\_p, MEM\_i, MEM\_MAX, MEM\_IMAX, MEM\_ind, MEM\_SYNC, MEM\_CORR sont initialisées à 0. A chaque coup d'horloge d'échantillonnage 214, la valeur n du Compteur Echantillons 220 est incrémenté de 1.

A l'étape E204, l'unité de traitement 218 lit en mémoire vive 217 m à l'adresse MEM\_m et i à l'adresse MEM\_i, n en sortie du compteur 220 et effectue le calcul n-m. Si n-m est positif ou nul et si i est nul, l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E205. Si n-m est strictement négatif ou si i n'est pas nul l'unité de traitement 218 effectue de nouveau les tests au prochain coup d'horloge d'échantillonnage 214.

70

Feuille avant rectification

*Description figure 10 (suite 1)*

A l'étape E205, l'unité de traitement 218 lit  $i, m$  en mémoire vive à leurs adresses respectives et  $n$  en sortie du Compteur Echantillons 220. Elle effectue le calcul  $n-m-i$  et écrit le résultat  $ind$  en mémoire vive à l'adresse  $MEM\_ind$ . Elle déclenche ensuite l'étape E206.

A l'étape E206 l'unité de traitement 218 lit  $N$  en mémoire morte à l'adresse  $MEM\_N$  et  $ind$  en mémoire vive à l'adresse  $MEM\_ind$ . Elle déclenche la lecture et le traitement par le module de FFT 221 de  $N$  échantillons lus à partir de l'adresse  $ind$  jusqu'à  $ind+N-1$  dans la mémoire  $MEM\_TAMPON$  204 par l'intermédiaire du bus 223, de l'unité d'entrées sorties 222 et du bus 211.

L'unité de traitement 218 lit en mémoire morte dans  $MEM\_P$ , le nombre et la position des pilotes du symbole OFDM parmi les  $N$  sous-porteuses. Ainsi, l'unité de traitement 218 vient lire  $P$  sorties prédéterminées du module de FFT 221 parmi les  $N$  sorties.

Ces  $P$  sorties prédéterminées sont les sorties sur lesquelles doivent se trouver les symboles complexes correspondant à ceux des sous-porteuses pilotes si en entrée du module de FFT 221, les  $N$  échantillons lus sont ceux du même symbole OFDM.  $P$  est le nombre de sous-porteuses pilotes du symbole OFDM. Une sous-porteuse pilote est premièrement une sous-porteuse dont le récepteur connaît la position dans le domaine des fréquences par rapport à toutes les autres sous-porteuses du symbole OFDM. Une sous-porteuse pilote est deuxièmement une sous-porteuse qui a été modulée à l'émission par un symbole complexe d'amplitude et de phase connu du récepteur.

L'unité de traitement 218 lit les paramètres d'égalisation dans la mémoire  $MEM\_EGA$  aux  $P$  emplacements correspondant aux sous-porteuses pilotes. Elle applique ces derniers paramètres d'égalisation aux  $P$  sorties prédéterminées du module de FFT 221 selon une méthode classique et connue de l'homme du métier afin d'obtenir  $P$  symboles complexes dits égalisés dont l'amplitude et la phase sont affranchis des distorsions engendrées par le canal de transmission. L'unité de traitement 218 écrit en mémoire vive dans une zone  $MEM\_EGP$  les valeurs des  $P$  symboles complexes égalisés. L'unité de traitement 218 enclenche ensuite l'étape E207.

A l'étape E207, l'unité de traitement 218 lit la séquence de  $P$  symboles complexes de la zone de mémoire morte  $MEM\_SEQ$  et lit dans la zone de mémoire vive  $MEM\_EGP$  la séquence de  $P$  symboles complexes égalisés. L'unité de traitement 218 effectue une opération de corrélation classique et connue de l'homme du métier entre ces deux dernières séquences. L'unité de traitement 218 lit  $i$  en mémoire  $MEM\_i$ . L'unité de traitement 218 écrit en mémoire vive dans le tableau à 2 colonnes  $MEM\_CORR$  le résultat de cette corrélation ainsi que l'indice  $i$  associé sur la même ligne. L'unité de traitement 218 enclenche l'étape E208.

A l'étape E208, L'unité de traitement 218 lit  $i$  en mémoire  $MEM\_i$ . L'unité de traitement 218 lit la valeur notée  $Maxcorr$   $MEM\_MAX$ . L'unité de traitement 218 lit dans le tableau  $MEM\_CORR$  la valeur de corrélation correspondant à l'indice  $i$  notée  $Corr(i)$ . Si  $Corr(i)$  est supérieur ou égal à  $Maxcorr$  alors l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E209, sinon elle enclenche l'étape E211.

A l'étape E209, l'unité de traitement 218 écrit  $Corr(i)$  dans la mémoire  $MEM\_MAX$ , et  $i$  dans la mémoire  $MEM\_iMAX$  puis passe à l'étape E210.

A l'étape E210, l'unité de traitement 218 incrémente de 1 la valeur  $i$  dans la  $MEM\_i$  puis passe à l'étape E205.

A l'étape E211, l'unité de traitement 218 lit dans le tableau  $MEM\_CORR$  la valeur de corrélation correspondant à l'indice  $i$  notée  $Corr(i)$ . L'unité de traitement lit dans la mémoire morte à l'adresse  $MEM\_k$ , la valeur  $k$ . Si  $k$  est strictement supérieur à  $i$  alors l'unité de traitement 218 enclenche l'étape 212. Si  $k$  est inférieur ou égal à  $i$ , l'unité de traitement lit de manière itérative dans le tableau  $MEM\_CORR$  la valeur de corrélation  $Corr(j)$  correspondant à l'indice  $j$  allant de 1

71

## Description Figure 10 (suite 2)

à k puis si pour toutes les valeurs de j,  $\text{Corr}(i-j)$  est strictement inférieur à  $\text{Corr}(i)$  alors l'unité de traitement 218 enclenche l'étape E215, sinon elle enclenche l'étape E212.

A l'étape E212, l'unité de traitement 218 incrémente de 1 la valeur i dans la MEM\_i, puis passe à l'étape E205.

A l'étape E215, l'unité de traitement 218 lit l'indice noté S(p) correspondant au pic de corrélation du p+1<sup>ème</sup> symbole OFDM dans MEM\_iMAX, m dans MEM\_m et p dans MEM\_p. p représente l'indice du symbole OFDM dans la trame. Le premier symbole sur lequel on effectue la recherche du pic de corrélation a pour indice 0.

L'unité de traitement 218 écrit en mémoire vive dans le tableau à 2 colonnes MEM\_SYNC le résultat du calcul  $m + S(p)$  ainsi que l'indice p associé sur la même ligne.

L'unité de traitement 218 lit la valeur n du compteur 220, calcule  $n - m - S(p)$ , puis envoie un index de synchronisation IS 213 à la MEM\_TAMPON 204 qui pointe sur l'adresse qui a pour valeur le résultat de ce calcul.

L'unité de traitement 218 envoie un signal de début de synchronisation fine 210 à l'unité de synchronisation fine 205.

Si  $p=0$ , l'unité de traitement 218 lit  $\Delta$  la valeur contenue à l'adresse MEM\_Δ dans la mémoire morte et lit la valeur notée S(0) à l'adresse MEM\_iMAX dans la mémoire vive. L'unité de traitement 218 calcule  $\Delta + S(0)$ . L'unité de traitement 218 envoie un signal noté instant de référence quand la valeur du Compteur Echantillons n est égal au résultat du calcul  $\Delta + S(0)$ .

Puis l'unité de traitement 218 passe à l'étape E214.

A l'étape E213, l'unité de traitement 218 incrémente de 1 la valeur p dans la MEM\_p, puis passe à l'étape E214.

A l'étape E214, l'unité de traitement 218 initialise le contenu i dans la MEM\_i à 0 et initialise le contenu du tableau MEM\_CORR à 0. L'unité de traitement 218 lit p en MEM\_p et S(0) dans le tableau MEM\_SYNC dans la mémoire vive; N en MEM\_N, G en MEM\_G et offset en MEM\_offset dans la mémoire morte. L'unité de traitement 218 calcule  $p \cdot (N + G) + S(0) - \text{offset}$  et écrit le résultat de ce calcul à l'adresse MEM\_m dans la mémoire vive. G est le nombre d'échantillons correspondant à l'intervalle de garde d'un symbole OFDM. offset est une petite valeur destinée à rendre le calcul plus sûr.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- 5                   - réception des données,  
                  - échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,  
                  - détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique (E),

10                caractérisé en ce que ledit procédé comporte également une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

15                2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données.

                  3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données  
20                échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

                  4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comporte, plus  
25                particulièrement, au moins une étape de corrélation sur les données échantillonnées.

                  5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine temporel.

30                6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine fréquentiel.

                  7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ladite au moins une étape de corrélation est effectuée après une étape de

transformation des données échantillonnées par une matrice de transformée de Fourier.

8. Procédé selon l'une des revendications 4 à 7, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comporte, plus particulièrement, deux étapes de corrélation sur les données échantillonnées.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que la deuxième étape de corrélation est une étape d'affinage de la précision obtenue sur la détection de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E).

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les données reçues forment une trame de données.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la trame de données comporte des données constituant un en-tête et des données dites utiles.

13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

14. Procédé selon la revendication 11 ou 13, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données d'un symbole OFDM.

15. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de détection, parmi les données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, d'un instant d'apparition d'une autre donnée spécifique (F) qui précède l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E).

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que l'autre donnée spécifique (F) représente une partie de l'en-tête.

17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition des données spécifiques (F) et (E) auxquels est ajoutée une durée supérieure au

temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

18. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comporte, plus particulièrement, une étape de corrélation sur ces données échantillonnées.

19. Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comporte, plus particulièrement, une étape de détection de la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées.

20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs étapes de détection, parmi les données échantillonnées, d'instant d'apparition d'autres données spécifiques.

21. Procédé selon les revendications 14 et 20, caractérisé en ce que chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame de données.

22. Procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception d'une trame de données comportant des données constituant un en-tête et des données dites utiles selon la revendication 1, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- réception de ladite trame de données,
- échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,
- détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition de l'en-tête,
- détection, parmi d'autres données échantillonnées de la trame, d'au moins un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique (E),

caractérisé en ce que ledit procédé comporte une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, des instants d'apparition respectifs dudit en-tête et de la au moins une donnée spécifique (E).

5                   23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce que la donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données utiles.

                  24. Procédé selon l'une des revendications 22 ou 23, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition respectifs dudit en-tête et de la donnée spécifique (E) auxquels est ajoutée une  
10                   durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

                  25. Procédé selon l'une des revendications 22 à 24, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant  
15                   d'apparition de l'en-tête et/ou d'au moins une donnée spécifique (E) comporte, plus particulièrement, au moins une étape de corrélation sur les données échantillonnées.

                  26. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que  
20                   ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine temporel.

                  27. Procédé selon la revendication 25, caractérisé en ce que  
                  ladite au moins une étape de corrélation est effectuée dans le domaine fréquentiel.

                  28. Procédé selon la revendication 27, caractérisé en ce que  
25                   ladite au moins une étape de corrélation est effectuée après une étape de transformation des données échantillonnées par une matrice de transformée de Fourier.

                  29. Procédé selon l'une des revendications 25 à 28, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi les données échantillonnées, de l'instant  
30                   d'apparition de la au moins une donnée spécifique comporte, plus particulièrement, une étape de corrélation sur les données échantillonnées.



30. Procédé selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'étape de corrélation effectuée lors de la détection de l'instant d'apparition de la donnée spécifique (E) est une étape d'affinage de la précision obtenue sur la détection de l'instant d'apparition de l'en-tête.

5           31. Procédé selon l'une des revendications 22 à 30, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

32. Procédé selon l'une des revendications 22 à 31, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

10           33. Procédé selon la revendication 31 ou 32, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (F) correspond à un échantillon de données d'un symbole OFDM.

15           34. Procédé selon l'une des revendications 22 à 33, caractérisé en ce que l'étape de détection, parmi des données échantillonnées de l'instant d'apparition de l'en-tête de la trame de données comporte, plus particulièrement, une étape de détection de la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées.

35. Procédé selon l'une des revendications 22 à 34, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs étapes de détection, parmi les données utiles échantillonnées, d'instant d'apparition d'autres données spécifiques.

20           36. Procédé selon les revendications 33 à 35, caractérisé en ce que chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame de données.

25           37. Procédé de contrôle de la synchronisation en fréquence entre au moins deux nœuds (A, B) d'un réseau de communication comportant chacun une horloge de fréquence déterminée, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes :

30           - détermination, au niveau du nœud A, de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge dudit nœud A et identifiant l'apparition de deux événements dits de référence liés à deux ensembles de données,

- réception au niveau du nœud B desdits deux ensembles de données transmis par le nœud A,
  - échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
  - 5 - détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
  - détermination, au niveau dudit nœud B, de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,
  - 10 - détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,
  - détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,
  - comparaison entre les première et seconde informations,
  - 20 - contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.
38. Procédé selon la revendication 37, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).
- 25
39. Procédé selon la revendication 37 ou 38, caractérisé en ce que chaque instant de référence est identifié au niveau du nœud considéré par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence et l'étape de détermination d'un instant de référence correspond à une étape de
- 30

détermination de la valeur de référence représentative dudit instant de référence.

40. Procédé selon la revendication 39, caractérisé en ce que chaque information est obtenue en formant la différence entre deux valeurs de référence identifiant les deux instants de référence considérés.

41. Procédé selon l'une des revendications 37 à 40, caractérisé en ce que la première information est représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_{A'}$  et la seconde information est représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ .

42. Procédé selon l'une des revendications 37 à 41, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de transmission de la première information du nœud émetteur vers le nœud récepteur.

43. Procédé selon la revendication 37, caractérisé en ce que l'étape de comparaison a lieu au niveau du nœud récepteur.

44. Procédé selon l'une des revendications 37 à 40, caractérisé en ce que la première information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_B$  et la seconde information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_{A'}$  et  $t_{B'}$ .

45. Procédé de réception de données, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes effectuées au niveau du nœud (B) :

- réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,

- réception d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux instants de référence  $t_A$  et  $t_{A'}$  repérés par rapport à une horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,

- échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,

- détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

5                   - détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

10                   - détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ ,

- comparaison entre les première et seconde informations,

- contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

15                   46. Procédé selon la revendication 45, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de  
20 l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

                  47. Procédé selon la revendication 45 ou 46, caractérisé en ce que chaque instant de référence est identifié au niveau du nœud considéré par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence et l'étape de détermination d'un instant de référence correspond à une étape de  
25 détermination de la valeur de référence représentative dudit instant de référence.

                  48. Procédé selon la revendication 47, caractérisé en ce que chaque information est obtenue en formant la différence entre deux valeurs de référence identifiant les deux instants de référence considérés.

30                   49. Procédé de réception de données, caractérisé en ce que ledit procédé comporte les étapes suivantes effectuées, au niveau du nœud (B) :

- réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,
  - réception de deux valeurs de référence qui sont respectivement représentatives de deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,
  - échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
  - détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
  - détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,
  - chaque instant de référence étant identifié au niveau du nœud B par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence,
  - détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre valeurs de référence,
  - détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres valeurs de référence,
  - comparaison entre les première et seconde informations,
  - contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.
50. Procédé selon la revendication 49, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique

maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

51. Procédé selon revendication 50, caractérisé en ce que la première information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_B$  et la seconde information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_{A'}$  et  $t_{B'}$ .

52. Procédé selon revendication 50, caractérisé en ce que la première information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_{A'}$  et la seconde information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ .

53. Dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit dispositif comportant:

- des moyens de réception des données,
- des moyens d'échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,
- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique (E),

caractérisé en ce que ledit dispositif comporte également des moyens de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

54. Dispositif selon la revendication 53, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données.

55. Dispositif selon la revendication 53 ou 54, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

56. Dispositif selon l'une des revendications 53 à 55, caractérisé en ce que les moyens de détection, parmi des données échantillonnées, de

l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comportent, plus particulièrement, des moyens de corrélation des données échantillonnées.

57. Dispositif selon la revendication 56, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de transformation des données échantillonnées par une  
5 matrice de transformée de Fourier (ou matrice inversible à coefficients complexes.... ).

58. Dispositif selon l'une des revendications 56 à 57, caractérisé en ce qu'il comporte, plus particulièrement, deux types de moyens de corrélation des données échantillonnées.

10 59. Dispositif selon l'une des revendications 53 à 58, caractérisé en ce que les données reçues forment une trame de données.

60. Dispositif selon la revendication 59, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

15 61. Dispositif selon la revendication 59 ou 60, caractérisé en ce que la trame de données comporte des données constituant un en-tête et des données dites utiles.

62. Dispositif selon la revendication 61, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

20 63. Dispositif selon la revendication 60 ou 62, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données d'un symbole OFDM.

25 64. Dispositif selon la revendication 61, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, d'un instant d'apparition d'une autre donnée spécifique (F) qui précède l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E).

65. Dispositif selon la revendication 64, caractérisé en ce que l'autre donnée spécifique (F) représente le début de l'en-tête.

30 66. Dispositif selon la revendication 64 ou 65, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition des données spécifiques (F) et (E) auxquels est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données

échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

67. Dispositif selon l'une des revendications 64 à 66, caractérisé en ce que les moyens de détection, parmi des données échantillonnées

5 constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comportent, plus particulièrement, des moyens de corrélation des données échantillonnées.

68. Dispositif selon l'une des revendications 64 à 66, caractérisé en ce que les moyens de détection, parmi des données échantillonnées

10 constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comportent, plus particulièrement, des moyens de détection de la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées.

69. Dispositif selon les revendications 63 et 68, caractérisé en ce que chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position

15 d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame de données.

70. Dispositif de contrôle de la synchronisation en fréquence entre au moins deux nœuds (A, B) d'un réseau de communication comportant chacun

20 une horloge de fréquence déterminée, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:

- des moyens de détermination, au niveau du nœud A, de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge dudit nœud A et identifiant l'apparition de deux événements dits de référence liés à deux

25 ensembles de données,

- des moyens de réception au niveau du nœud B desdits deux ensembles de données transmis par le nœud A,

- des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de

30 données,



- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
  - des moyens de détermination, au niveau dudit nœud B, de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,
  - des moyens de détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,
  - des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,
  - des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,
  - des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.
71. Dispositif selon la revendication 70, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).
72. Dispositif de réception de données, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:
- des moyens de réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,
  - des moyens de réception d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux instants de référence  $t_A$  et  $t_{A'}$  repérés par rapport à une horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au

niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,

- des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,

- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

- des moyens de détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

- des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ ,

- des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,

- des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

73. Dispositif selon la revendication 72, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

74. Dispositif de réception de données, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:

- des moyens de réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,

- des moyens de réception de deux valeurs de référence qui sont respectivement représentatives de deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,
- des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
- des moyens de détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données, chaque instant de référence étant identifié au niveau du nœud B par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence,
- des moyens de détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre valeurs de référence,
- des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres valeurs de référence,
- des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,
- des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

75. Dispositif selon la revendication 74, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique

maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

76. Nœud d'un réseau de communication, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 5 72 à 73 ou un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 74 à 75.

77. Pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un dispositif de détermination d'un instant de référence selon l'une des revendications 53 à 69.

10 78. Pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un dispositif de contrôle de la synchronisation selon l'une des revendications 70 à 71.

79. Pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un nœud 15 conforme à la revendication 76 et qui est relié à l'un desdits au moins deux bus de communication série.

80. Appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de détermination d'un instant de référence selon l'une des revendications 53 à 69.

20 81. Appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de contrôle de la synchronisation selon l'une des revendications 70 à 71.

82. Appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 25 à 73 ou un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 74 à 75.

83. Appareil selon l'une des revendications 80 à 82, caractérisé en ce que ledit appareil est choisi parmi une imprimante, un serveur, un ordinateur, un télécopieur, un scanner, un magnétoscope, un décodeur, un téléviseur, un 30 caméscope, une caméra numérique, un appareil photographique numérique, une enceinte acoustique.

- réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,
- réception de deux valeurs de référence qui sont respectivement représentatives de deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,
- échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
- détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
- détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données, chaque instant de référence étant identifié au niveau du nœud B par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence,
- détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre valeurs de référence,
- détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres valeurs de référence,
- comparaison entre les première et seconde informations,
- contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

35. Procédé selon la revendication 34, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique

maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

36. Procédé selon revendication 35, caractérisé en ce que la première information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_B$  et la seconde information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_{A'}$  et  $t_{B'}$ .

37. Procédé selon revendication 35, caractérisé en ce que la première information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_{A'}$  et la seconde information est représentative de la différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ .

38. Dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit dispositif comportant:

- des moyens de réception des données,
- des moyens d'échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,
- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique (E),

caractérisé en ce que ledit dispositif comporte également des moyens de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

39. Dispositif selon la revendication 38, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données.

40. Dispositif selon la revendication 38 ou 39, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

41. Dispositif selon l'une des revendications 38 à 40, caractérisé en ce que les moyens de détection, parmi des données échantillonnées, de

l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comportent, plus particulièrement, des moyens de corrélation des données échantillonnées.

42. Dispositif selon la revendication 41, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de transformation des données échantillonnées par une  
5 matrice de transformée de Fourier (ou matrice inversible à coefficients complexes.... ?).

43. Dispositif selon l'une des revendications 41 à 42, caractérisé en ce qu'il comporte, plus particulièrement, deux types de moyens de corrélation des données échantillonnées.

10 44. Dispositif selon l'une des revendications 38 à 43, caractérisé en ce que les données reçues forment une trame de données.

45. Dispositif selon la revendication 44, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

15 46. Dispositif selon la revendication 44 ou 45, caractérisé en ce que la trame de données comporte des données constituant un en-tête et des données dites utiles.

47. Dispositif selon la revendication 46, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

20 48. Dispositif selon la revendication 45 ou 47, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de données d'un symbole OFDM.

25 49. Dispositif selon la revendication 46, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, d'un instant d'apparition d'une autre donnée spécifique (F) qui précède l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E).

50. Dispositif selon la revendication 49, caractérisé en ce que l'autre donnée spécifique (F) représente le début de l'en-tête.

30 51. Dispositif selon la revendication 49 ou 50, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition des données spécifiques (F) et (E) auxquels est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données

échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

52. Dispositif selon l'une des revendications 49 à 51, caractérisé en ce que les moyens de détection, parmi des données échantillonnées  
5 constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comportent, plus particulièrement, des moyens de corrélation des données échantillonnées.

53. Dispositif selon l'une des revendications 49 à 51, caractérisé en ce que les moyens de détection, parmi des données échantillonnées  
10 constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de l'autre donnée spécifique (F) comportent, plus particulièrement, des moyens de détection de la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées.

54. Dispositif selon les revendications 48 et 53, caractérisé en ce que chaque instant d'apparition d'une donnée spécifique identifie une position  
15 d'un échantillon de données parmi tous les échantillons de données d'un symbole OFDM et cette position est la même dans les autres symboles OFDM de la trame de données.

55. Dispositif de contrôle de la synchronisation en fréquence entre au moins deux nœuds (A, B) d'un réseau de communication comportant chacun  
20 une horloge de fréquence déterminée, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:

- des moyens de détermination, au niveau du nœud A, de deux instants dits de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge dudit nœud A et identifiant l'apparition de deux événements dits de référence liés à deux  
25 ensembles de données,

- des moyens de réception au niveau du nœud B desdits deux ensembles de données transmis par le nœud A,

- des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de  
30 données,



- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

5 - des moyens de détermination, au niveau dudit nœud B, de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux  
10 ensembles de données,

- des moyens de détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre instants de référence,

- des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres instants de référence,

15 - des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,

- des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

20 56. Dispositif selon la revendication 55, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de  
25 l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

57. Dispositif de réception de données, caractérisé en ce que ledit dispositif comporte:

- des moyens de réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,

30 - des moyens de réception d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à une horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au

niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,

5 - des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,

- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,

10 - des moyens de détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données,

15 - des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux instants de référence  $t_B$  et  $t_{B'}$ ,

- des moyens de comparaison entre les première et seconde informations,

20 - des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

58. Dispositif selon la revendication 57, caractérisé en ce que l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée  
25 spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

59. Dispositif de réception de données, caractérisé en ce que ledit  
30 dispositif comporte:

- des moyens de réception de deux ensembles de données transmis par un nœud A,

- des moyens de réception de deux valeurs de référence qui sont respectivement représentatives de deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud (A) et identifiant l'apparition, au niveau dudit nœud (A), de deux événements dits de référence liés auxdits deux ensembles de données,  
5
- des moyens d'échantillonnage desdits ensembles de données reçus afin d'obtenir des échantillons de données de chacun de ces ensembles de données,
- des moyens de détection, parmi des données échantillonnées  
10 des deux ensembles de données, de deux instants d'apparition respectifs d'au moins deux données spécifiques respectives desdits ensembles de données,
- des moyens de détermination de deux instants dits de référence  $t_B$  et  $t_B'$  repérés par rapport à l'horloge du nœud B et obtenus à partir de la détection, parmi des données échantillonnées des deux ensembles de  
15 données, des instants d'apparition respectifs desdites au moins deux données spécifiques, lesdits instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  identifiant l'apparition de deux événements de référence qui sont liés auxdits deux ensembles de données, chaque instant de référence étant identifié au niveau du nœud B par une valeur dite de référence représentative dudit instant de référence,  
20
- des moyens de détermination d'une première information qui est représentative d'une différence entre deux des quatre valeurs de référence,
- des moyens de détermination d'une seconde information qui est représentative d'une différence entre les deux autres valeurs de référence,
- des moyens de comparaison entre les première et seconde  
25 informations,
- des moyens de contrôle de la synchronisation en fréquence entre lesdits au moins deux nœuds (A, B) à partir du résultat de la comparaison.

60. Dispositif selon la revendication 59, caractérisé en ce que  
30 l'instant de référence identifiant l'apparition d'un événement de référence est déterminé à partir de l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) auquel est ajoutée une durée supérieure au temps théorique

maximal nécessaire pour la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique (E).

61. Nœud d'un réseau de communication, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 57 à 58 ou un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 59 à 60.

62. Pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un dispositif de détermination d'un instant de référence selon l'une des revendications 38 à 54.

63. Pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un dispositif de contrôle de la synchronisation selon l'une des revendications 55 à 56.

64. Pont assurant l'interface entre au moins deux bus de communication série, caractérisé en ce que ledit pont comporte un nœud conforme à la revendication 61 et qui est relié à l'un desdits au moins deux bus de communication série.

65. Appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de détermination d'un instant de référence selon l'une des revendications 38 à 54.

66. Appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de contrôle de la synchronisation selon l'une des revendications 55 à 56.

67. Appareil de traitement de données, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 57 à 58 ou un dispositif de réception de données selon l'une des revendications 59 à 60.

68. Appareil selon l'une des revendications 65 à 67, caractérisé en ce que ledit appareil est choisi parmi une imprimante, un serveur, un ordinateur, un télécopieur, un scanner, un magnétoscope, un décodeur, un téléviseur, un caméscope, une caméra numérique, un appareil photographique numérique, une enceinte acoustique.

84. Réseau de communication comportant au moins deux bus de communication série reliés entre eux par un pont, caractérisé en ce que ledit pont est conforme à l'une des revendications 77 à 79.

5 85. Réseau de communication comportant au moins deux bus de communication série reliés entre eux par un pont, caractérisé en ce que ledit réseau comporte un appareil de traitement de données selon l'une des revendications 80 à 83.

10 86. Réseau de communication comportant au moins un bus de communication série, caractérisé en ce que ledit réseau comporte un nœud de communication conforme à la revendication 76 et qui est relié audit au moins un bus de communication série.

- échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,

- détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique E,

5 caractérisé en ce que ledit procédé comporte également une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, de l'instant d'apparition de ladite au moins une donnée spécifique E.

10 L'invention permet d'accroître la précision lors de la détermination de l'instant de référence lié à la réception des données.

Plus particulièrement, l'invention vise un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception d'une trame de données comportant des données constituant un en-tête et des données dites utiles, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

15 -réception de ladite trame de données,  
-échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,

-détection, parmi des données échantillonnées, d'un instant d'apparition de l'en-tête,

20 -détection, parmi d'autres données échantillonnées de la trame, d'au moins un instant d'apparition d'au moins une donnée spécifique,

caractérisé en ce que ledit procédé comporte une étape de détermination dudit instant de référence à partir de la détection, parmi des données échantillonnées, des instants d'apparition respectifs dudit en-tête et de  
25 la au moins une donnée spécifique.

Corrélativement, l'invention vise un dispositif de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données, ledit dispositif comportant:

- des moyens de réception des données,  
30 - des moyens d'échantillonnage desdites données reçues afin d'obtenir des échantillons de données,

Le procédé de contrôle de la synchronisation selon le premier mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit en référence aux figures 1 et 2a à 2c.

5 Ce procédé s'appuie sur un procédé de détermination d'un instant de référence lié à la réception de données au niveau d'un nœud récepteur qui sera décrit ultérieurement en référence aux figures 8 à 10.

Au niveau du dispositif 55 du nœud A, un compteur 60 est incrémenté de manière continue avec l'oscillateur interne ou horloge CLK1.

La taille de ce compteur est de K bits et sa période est donc  $2^K$ .

10 La présente invention utilise la notion d'instant de référence et d'événement de référence, l'instant de référence identifiant l'apparition au niveau d'un des nœuds A et B d'un événement de référence. Par exemple, l'événement de référence considéré est le début d'une trame de données transmise entre les nœuds A et B, et l'instant de référence correspond à  
15 l'instant où cette trame commence.

Plus précisément, l'instant de référence au niveau du nœud A repère l'instant du début de transmission de la trame de données tandis que l'instant de référence du nœud B repère l'instant du début de réception de cette même trame de données.

20 Les notions d'instant de référence et d'événement de référence sont liées, au sens de la présente invention, aux ensembles de données transmises entre les nœuds A et B.

Il convient de noter que la détermination des instants de référence ne pose pas de problème au niveau du nœud émetteur puisque la  
25 structure des ensembles de données à transmettre est connue de celui-ci, ainsi que l'instant de transmission de celles-ci.

La détermination des instants de référence liés aux ensembles de données reçues par le nœud récepteur sera explicitée ultérieurement en référence aux figures 8 à 10.

30 Toutefois, il faut remarquer que lorsque l'ensemble de données, par exemple une trame de données, qui est transmise du nœud émetteur A vers le nœud récepteur B a une structure qui ne varie pas dans le temps, en

peut envisager d'utiliser au niveau du nœud A deux événements de référence qui sont liés respectivement à deux trames de données et qui sont différents des événements de référence liés aux trames de données reçues.

5 Ainsi, l'instant de référence identifiant l'événement de référence au niveau du nœud émetteur et, par exemple, l'instant de début de transmission de la trame de données, tandis que l'instant de référence lié à cette même trame de données, au niveau du nœud récepteur, correspond à l'instant d'apparition d'une donnée spécifique de la trame auquel est ajouté un terme  $\Delta$ , et auxquels est éventuellement ajouté l'instant d'apparition du début de cette  
10 trame.

La détermination de ces instants d'apparition et le terme  $\Delta$  seront explicités plus loin lors de la description faite en référence aux figures 8 à 10.

Dans la description qui suit, on se placera dans ce dernier cas de figure.

15 Au niveau de chaque nœud les instants de référence sont déterminés dans un repère temporel propre au nœud considéré à partir de l'horloge interne dudit nœud au moyen d'un compteur.

Il convient de noter que si les horloges CLK1 et CLK2 sont parfaitement synchrones (même fréquence), alors les contenus des compteurs  
20 déterminant les deux instants de référence présenteront un décalage qui restera constant dans le temps.

Si, au contraire, les horloges ne sont pas synchrones, alors le décalage entre le contenu des compteurs mentionné ci-dessus ne sera plus constant, et la présente invention se fonde sur la variation de ce décalage pour  
25 mesurer la dérive entre les horloges CLK1 et CLK2.

Bien entendu, l'instant de référence peut correspondre à tout autre événement sur lequel l'émetteur et le récepteur doivent se synchroniser.

Il convient de noter que l'apparition des événements de référence n'est pas nécessairement périodique.

30 Afin de détecter le début d'une trame de données, aussi bien dans le nœud A que dans le nœud B, les modems radio de chaque nœud notés respectivement 28 et 46, utilisent des séquences appropriées de



synchronisation. Par exemple, une séquence connue par l'émetteur et le récepteur est rajoutée au début de chaque trame. Le récepteur peut ainsi, en appliquant une méthode d'autocorrélation sur cette séquence connue, déterminer le début de la trame.

5                   Lorsqu'un instant de référence est détecté au niveau de chaque nœud, un signal 62 (nœud A), 64, (nœud B) est envoyé à l'unité de calcul CPU, respectivement 22 (nœud A), 40 (nœud B), ce signal indiquant un instant de référence (figure 1).

10                   Après l'étape  $S_1$  d'initialisation du compteur 60 (figure 2b), à chaque fois qu'un instant de référence est déterminé par exemple au niveau du nœud A (étape  $S_1$ ), l'instant de référence étant noté  $t_A$ , le contenu du compteur 60 est sauvegardé dans un registre noté 24a du moyen de stockage temporaire 24 de la figure 1.

15                   Le précédent contenu de ce registre 24a est transféré quant à lui dans un deuxième registre 24b du moyen de stockage 24 (étape  $S_3$ ).

A chaque instant de référence déterminé correspond une valeur de référence déterminée qui est représentative dudit instant de référence. Cette valeur de référence est mémorisée dans l'un des registres 24a, 24b du moyen de stockage temporaire 24 de la figure 1.

20                   Il convient de noter que chaque valeur de référence stockée dans les registres 24a et 24b correspond, par exemple, à un nombre d'impulsions d'horloge émises par l'horloge CLK1 calculée modulo  $2^K$ .

25                   Toutes les opérations (addition, soustraction, comptage) sont effectuées modulo le chiffre 2 élevé à la puissance de la taille des registres ou des compteurs correspondants. De plus il est supposé que le résultat de la soustraction contient un bit de signe.

Après le transfert du contenu du registre 24a vers le registre 24b (étape  $S_3$ ) et du contenu du compteur 60 vers le registre 24a (étape  $S_4$ ), la

différence entre les valeurs de référence mémorisées dans ces deux registres est déterminée dans le comparateur 66 (étape  $S_5$ ). Cette différence correspond à une première information représentative d'une durée écoulée, au niveau du nœud A, entre les instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$ .

5                    Cette première information est mémorisée dans le registre noté 24c sur la figure 2 et qui fait partie du moyen de stockage temporaire 24 de la figure 1.

                  Ce registre contient donc la durée d'une période de référence comptée en nombre d'impulsions de l'horloge ou oscillateur interne CLK1.

10                   La première information représentative de la durée écoulée entre les deux instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  et qui est mémorisée dans le registre 24c est transmise du nœud A (émetteur) vers le nœud B (récepteur) en utilisant la trame de données transmise à partir de l'instant de référence  $t_A'$  (étape  $S_6$ ).

                  L'étape de transmission est effectuée par l'équipement radio  
15                   constitué des éléments 28, 30 et 32 du nœud A, tandis que l'étape de réception au niveau du nœud B fait intervenir les éléments 46, 48 et 50 dudit nœud B.

                  De manière analogue à ce qui vient d'être décrit pour le nœud A (émetteur) une seconde information représentative d'une durée écoulée entre deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  est alors calculée au niveau du nœud B  
20                   (récepteur).

                  Ces deux instants de référence  $t_B$  et  $t_B'$  correspondent aux instants de référence liés à la réception des trames de données émises par le nœud A et pour lesquelles les instants de référence  $t_A$  et  $t_A'$  ont été déterminés au niveau dudit nœud A.

25                   Dans le dispositif 57 du nœud B, un compteur 68 est incrémenté en continu avec l'oscillateur interne ou horloge CLK2.

                  La taille de ce compteur est de K bits et sa période est donc égale à  $2^K$ .

                  Après l'étape  $T_1$  d'initialisation du compteur 68 (figure 2c), à  
30                   chaque fois qu'un instant de référence  $t_B$  ou  $t_B'$  est déterminé (étape  $T_2$ ), comme indiqué plus haut, une valeur de référence représentative de cet instant

dans l'adresse suivante (incrément de 1 de l'adresse) et, si la mémoire MEM\_TAMPON 204 est pleine, le plus ancien échantillon est perdu. Le résultat de la corrélation est comparé à un seuil prédéterminé pour effectuer un bon compromis entre la probabilité de fausse alarme et celle de non détection d'une

5 trame existante. Le dernier échantillon pris en compte dans le calcul de corrélation pour lequel le seuil a été dépassé est pris comme instant de début de trame détecté et un signal de début de trame détecté 209 est envoyé à cet instant-là, noté T, à une unité de synchronisation des symboles OFDM notée 203. Ce dernier échantillon constitue, au sens de l'invention, une donnée

10 spécifique F parmi les données échantillonnées. L'instant de début de trame détecté correspond en fait à l'instant d'apparition de la donnée spécifique F et identifie la position de ce dernier parmi les autres données. Lors de la détection, parmi les données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, de l'instant d'apparition de la donnée spécifique F, il peut également être

15 envisagé de détecter la puissance reçue à partir de ces données échantillonnées. Il convient de noter que la détection de l'instant d'apparition de cette donnée spécifique (début de trame) n'est pas aussi précise qu'on le souhaiterait. Plus particulièrement, un signal de "réveil" active et initialise le convertisseur analogique / numérique 201 et l'unité de détection de début de

20 trame 202. De même, un signal de "sommeil" désactive le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame. Ces signaux peuvent être fournis par une couche supérieure de contrôle ou par un circuit disposé au niveau du modem. Ainsi, le convertisseur analogique / numérique et l'unité de détection de début de trame sont actifs pendant un intervalle de

25 temps limité correspondant à un nombre d'échantillons noté  $N_{listen}$  tous les  $N_{burst}$  échantillons, de façon à ce que le nœud récepteur B puisse être en mesure d'écouter, de manière cyclique, si le nœud émetteur A tente de lui transmettre un autre signal.

Ceci a pour but d'économiser de l'énergie au niveau du

30 récepteur. Les nombres d'échantillons  $N_{burst}$  et  $N_{listen}$  sont déterminés en fonction des besoins du système de communication. Tant que le nœud récepteur reçoit des

l'instant d'apparition de la au moins une donnée spécifique (E) comportent, plus particulièrement, des moyens de corrélation des données échantillonnées.

57. Dispositif selon la revendication 56, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de transformation des données échantillonnées par une  
5 matrice de transformée de Fourier.

58. Dispositif selon l'une des revendications 56 à 57, caractérisé en ce qu'il comporte, plus particulièrement, deux types de moyens de corrélation des données échantillonnées.

59. Dispositif selon l'une des revendications 53 à 58, caractérisé  
10 en ce que les données reçues forment une trame de données.

60. Dispositif selon la revendication 59, caractérisé en ce que la trame de données est formée d'au moins un symbole OFDM.

61. Dispositif selon la revendication 59 ou 60, caractérisé en ce que la trame de données comporte des données constituant un en-tête et des  
15 données dites utiles.

62. Dispositif selon la revendication 61, caractérisé en ce que les données utiles sont des symboles OFDM.

63. Dispositif selon la revendication 60 ou 62, caractérisé en ce que la au moins une donnée spécifique (E) correspond à un échantillon de  
20 données d'un symbole OFDM.

64. Dispositif selon la revendication 61, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de détection, parmi des données échantillonnées constituant l'en-tête de la trame de données, d'un instant d'apparition d'une autre donnée spécifique (F) qui précède l'instant d'apparition de la au moins  
25 une donnée spécifique (E).

65. Dispositif selon la revendication 64, caractérisé en ce que l'autre donnée spécifique (F) représente le début de l'en-tête.

66. Dispositif selon la revendication 64 ou 65, caractérisé en ce que l'instant de référence est déterminé à partir des instants d'apparition des  
30 données spécifiques (F) et (E) auxquels est ajoutée une durée supérieure au temps théorique maximal nécessaire pour la détection, parmi des données

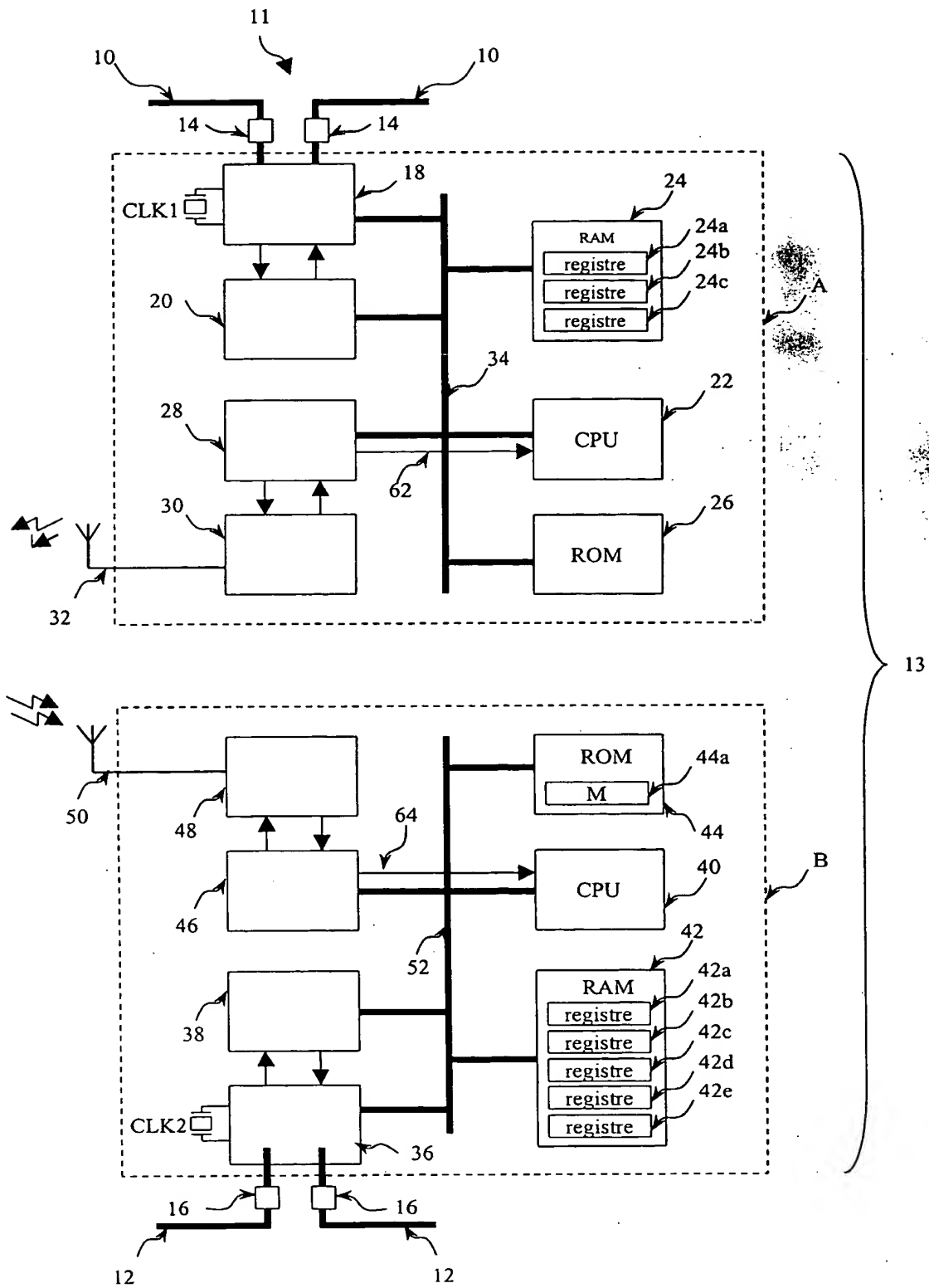


Figure 1

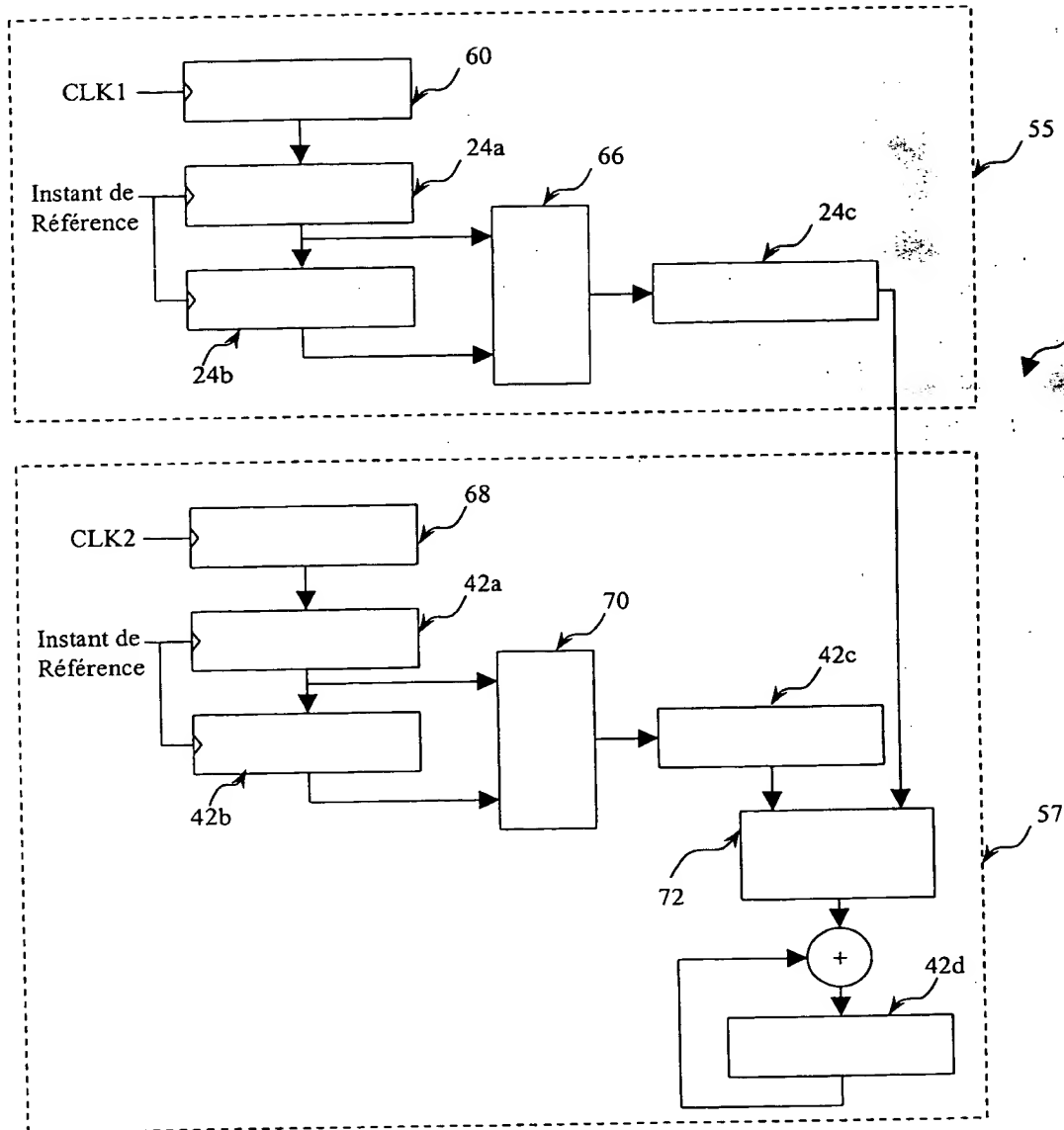
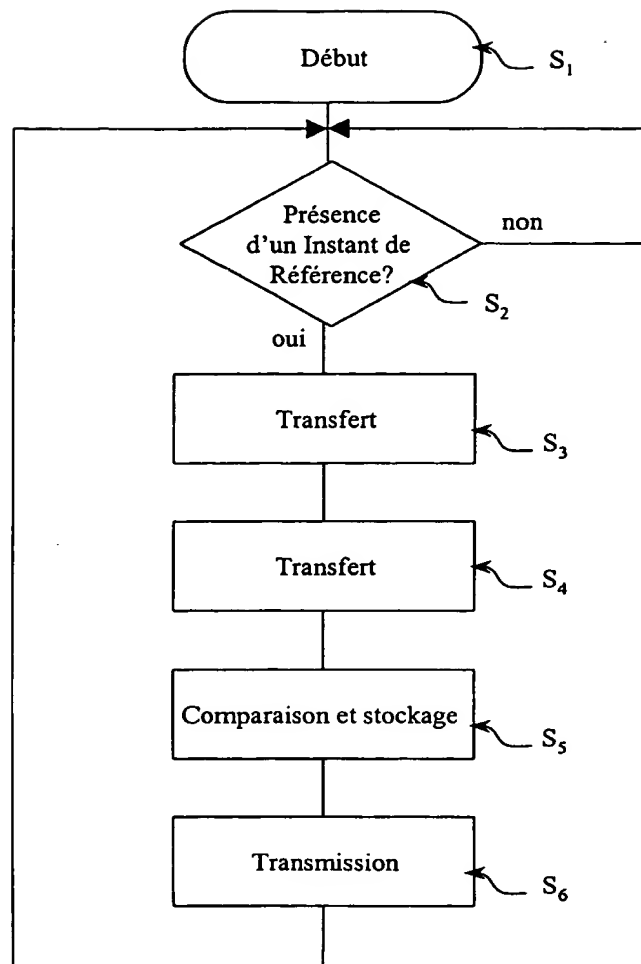


Figure 2a

**Figure 2b**

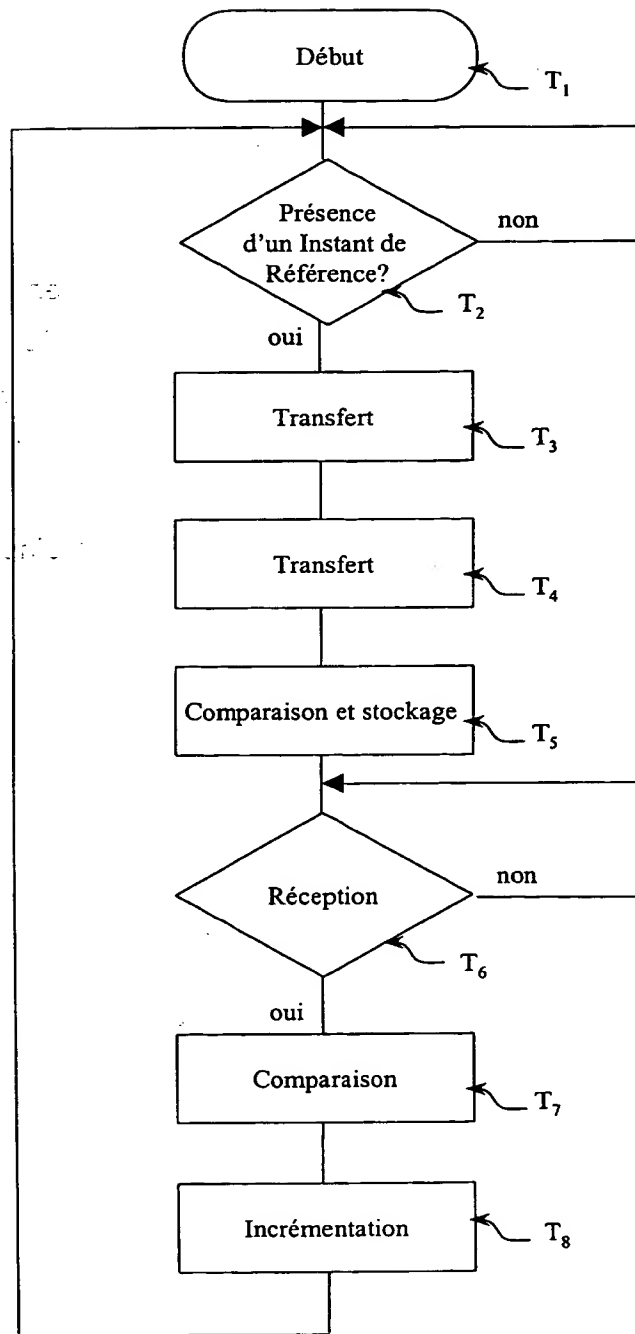
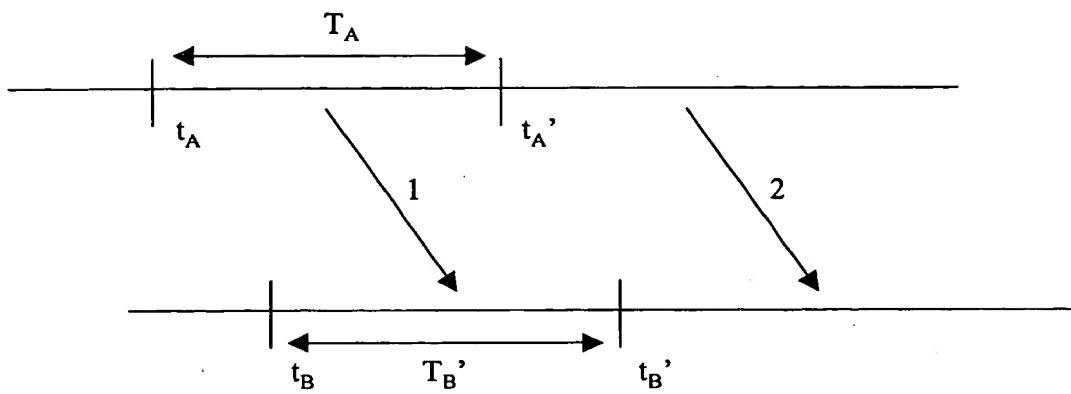
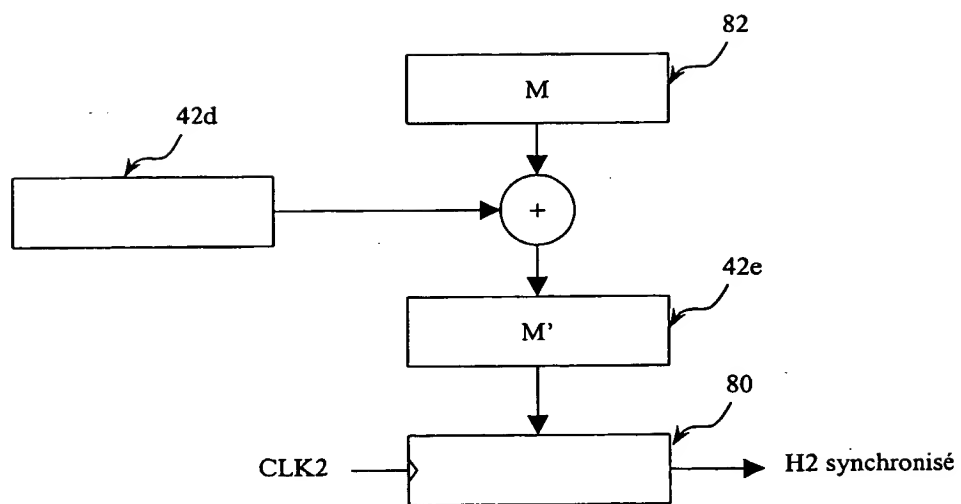


Figure 2c





**Figure 3**

**Figure 4**

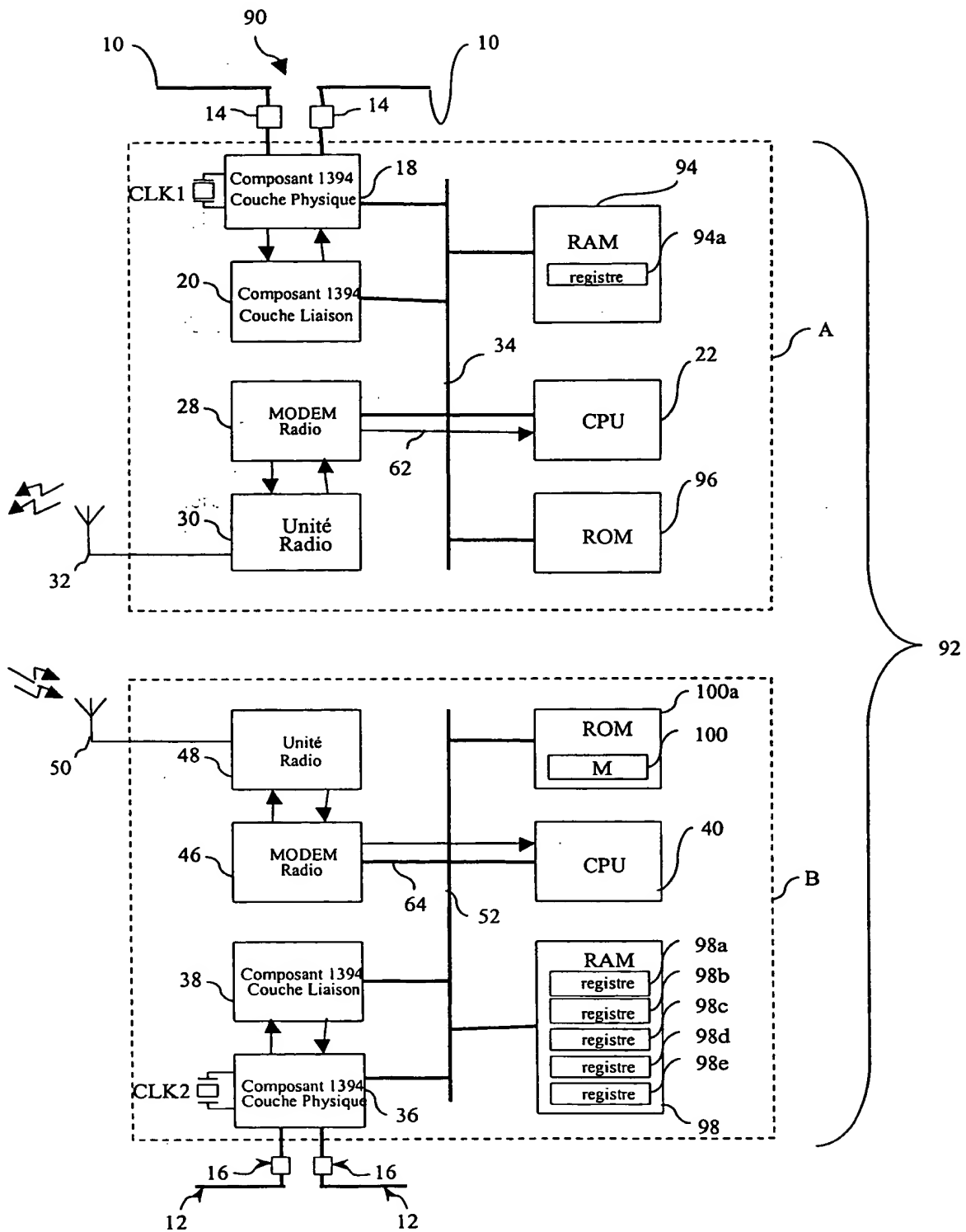
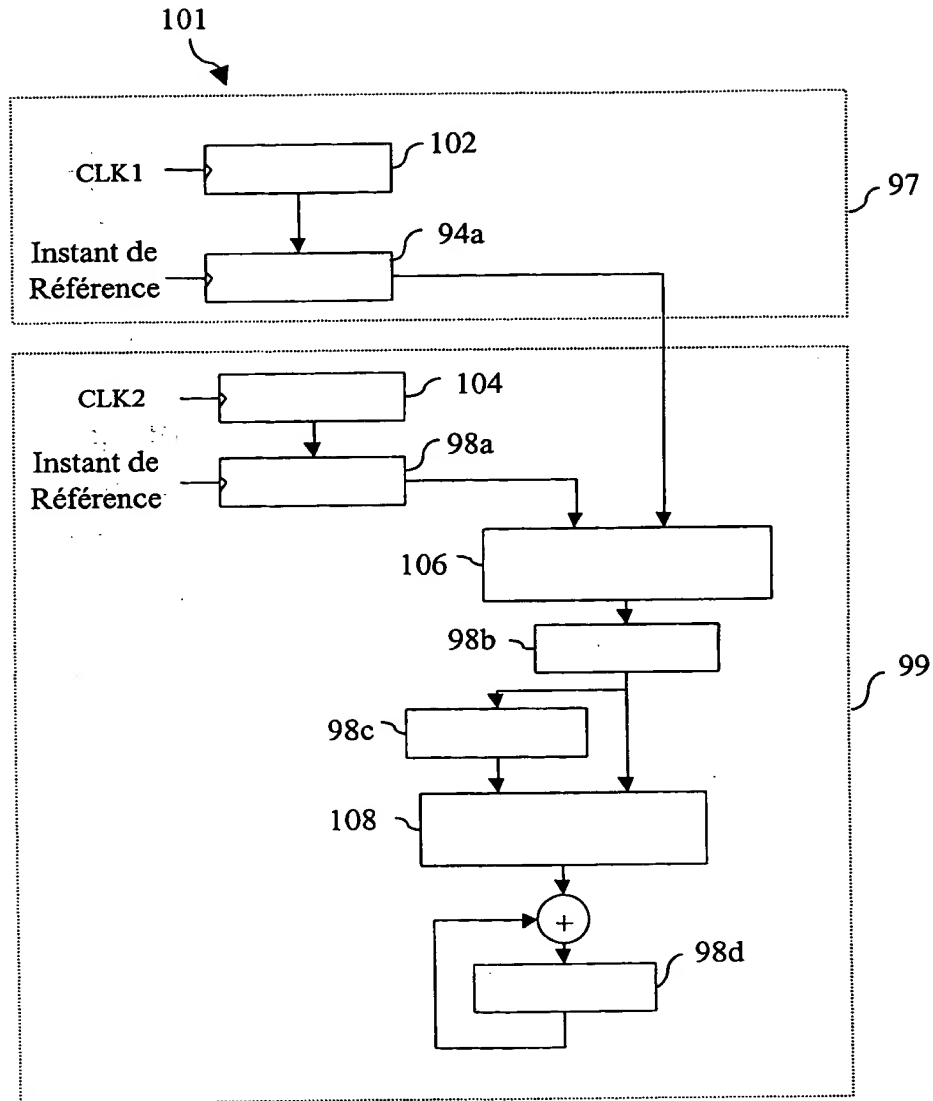


Figure 5

**Figure 6a**

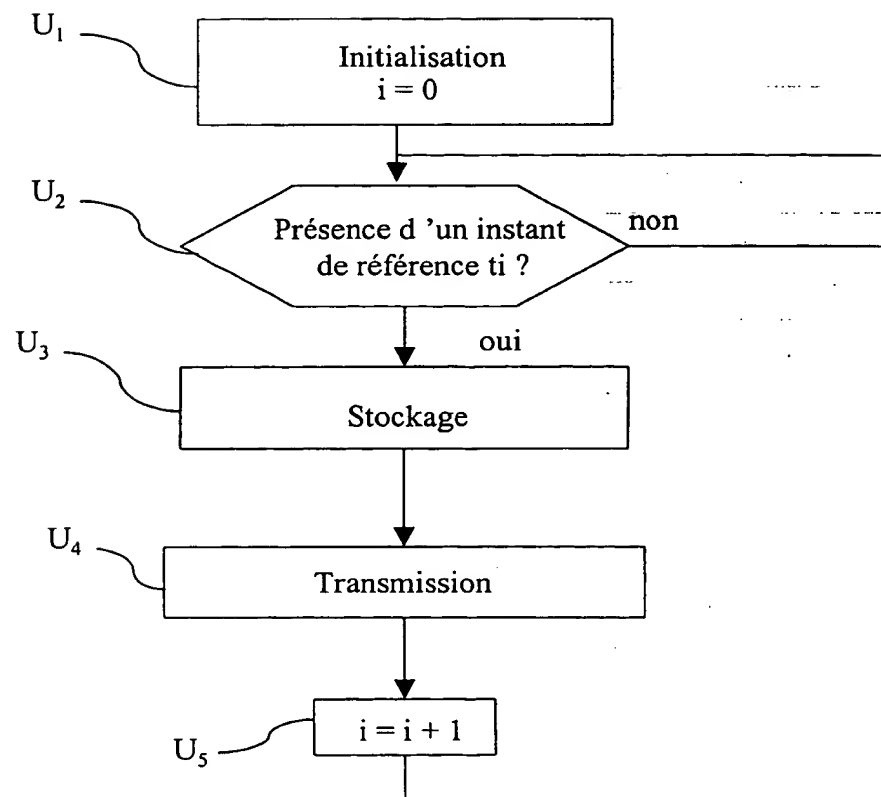


Figure 6b

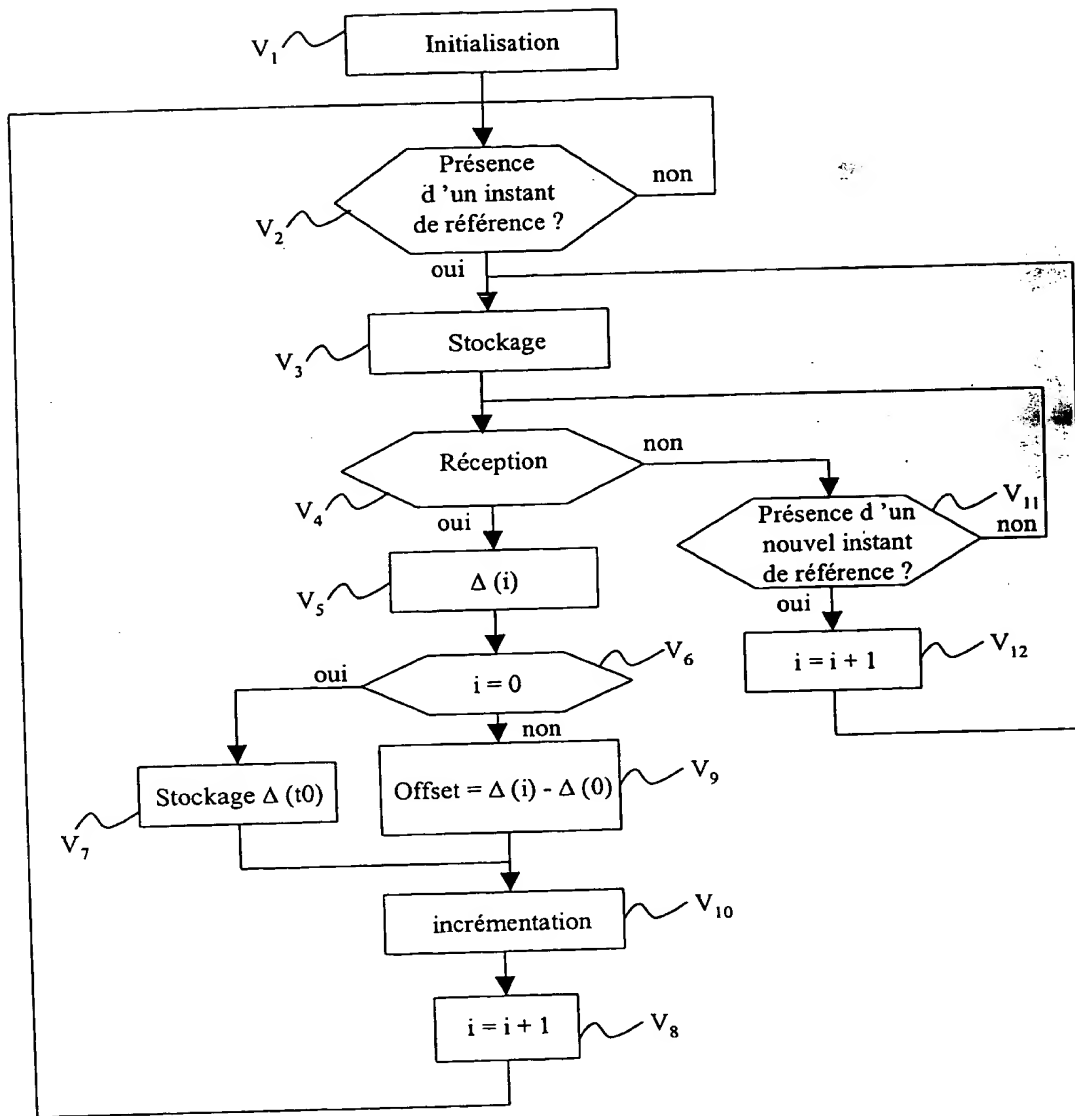
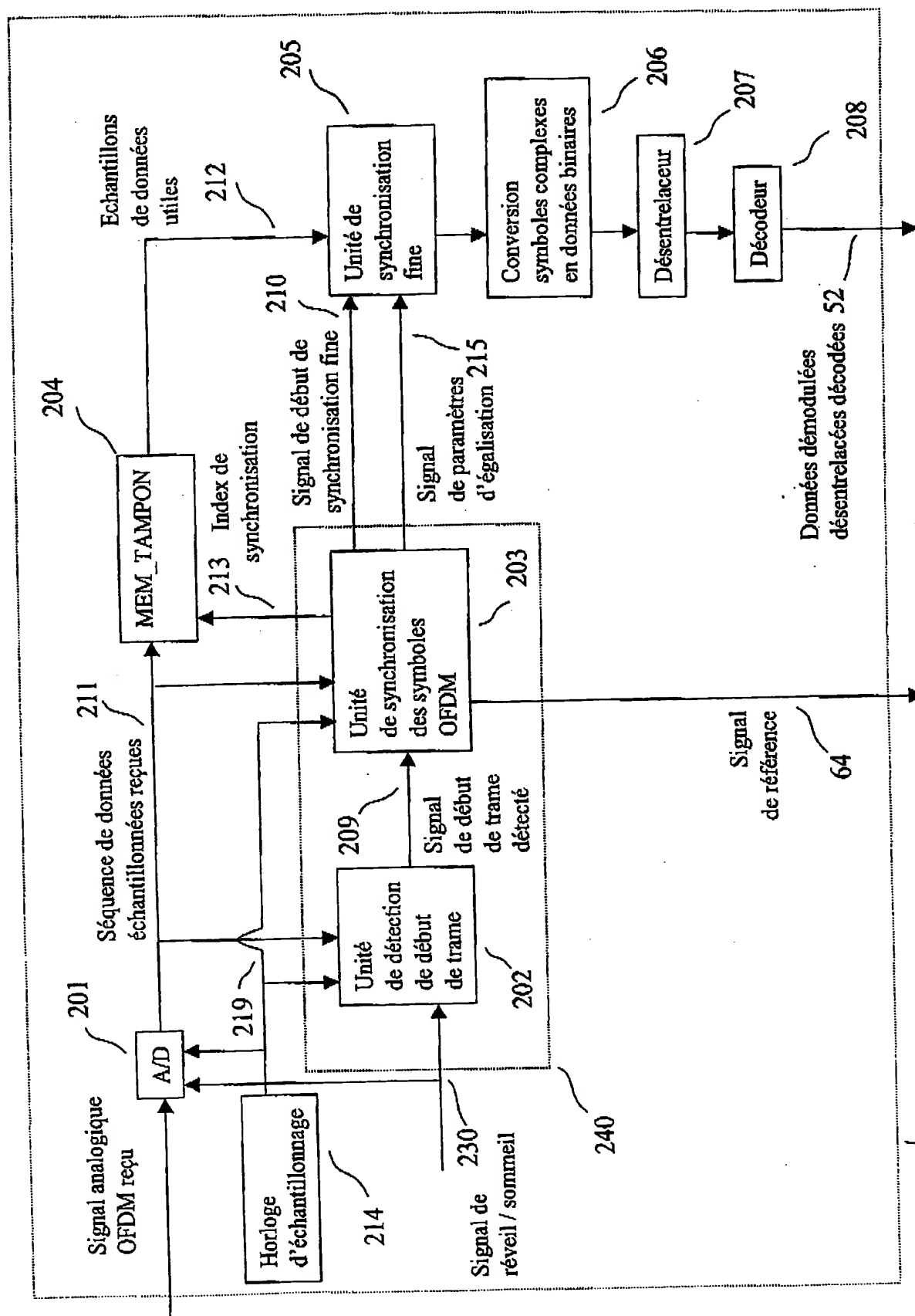


Figure 6c

Instants de référence (A)	tA	tA'	tA''	<del>tA<sup>(3)</sup></del>	tA <sup>(4)</sup>	<del>tA<sup>(5)</sup></del>	<del>tA<sup>(6)</sup></del>	tA <sup>(7)</sup>	...
Instants de référence (B)	tB	tB'	tB''	tB <sup>(3)</sup>	tB <sup>(4)</sup>	<del>tB<sup>(5)</sup></del>	tB <sup>(6)</sup>	tB <sup>(7)</sup>	...
Périodes de référence	←	→	→		→			→	

Figure 7

12/14

**Figure 8 : modem selon l'invention**



13/14

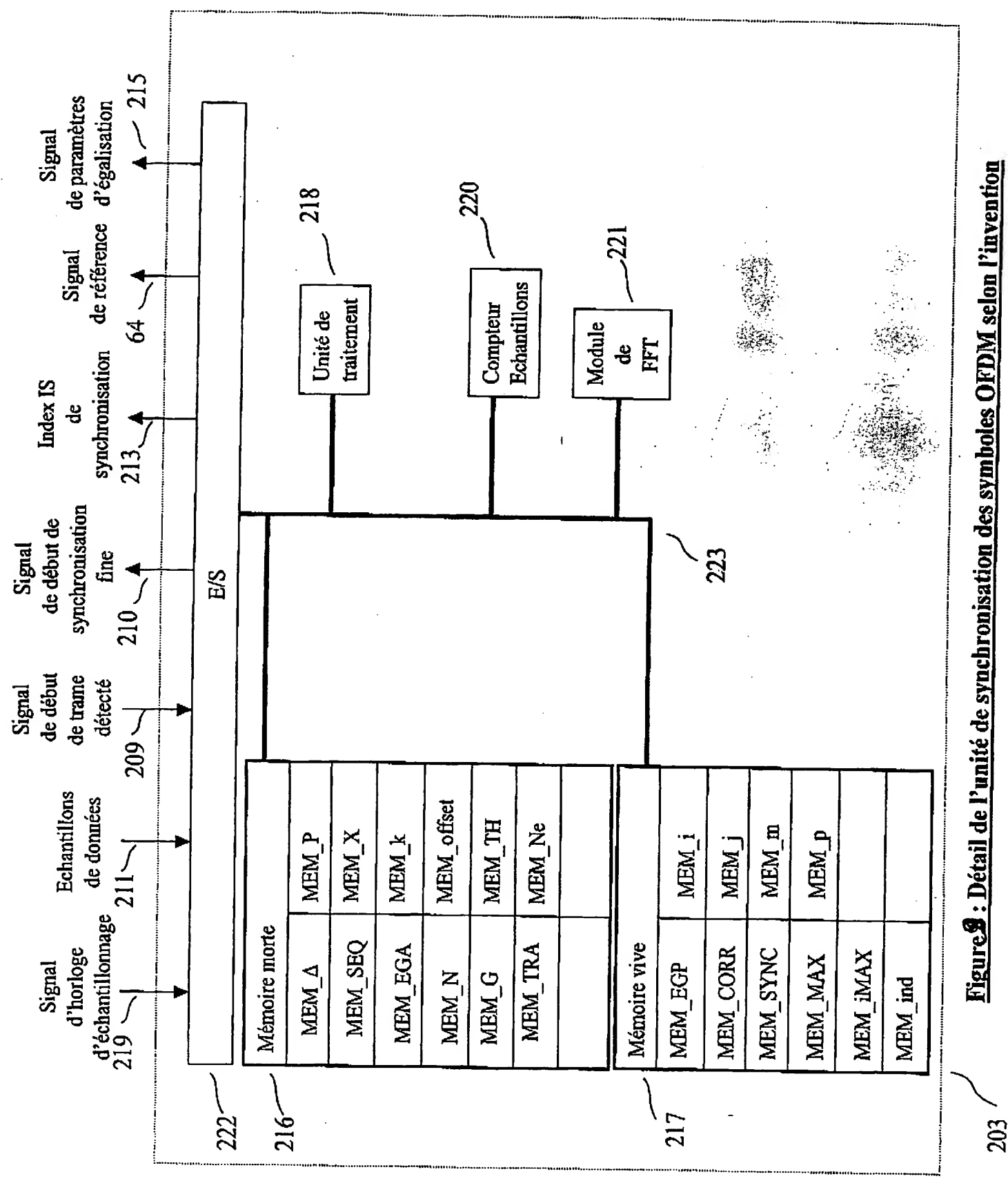


Figure 9 : Détail de l'unité de synchronisation des symboles OFDM selon l'invention

14/14

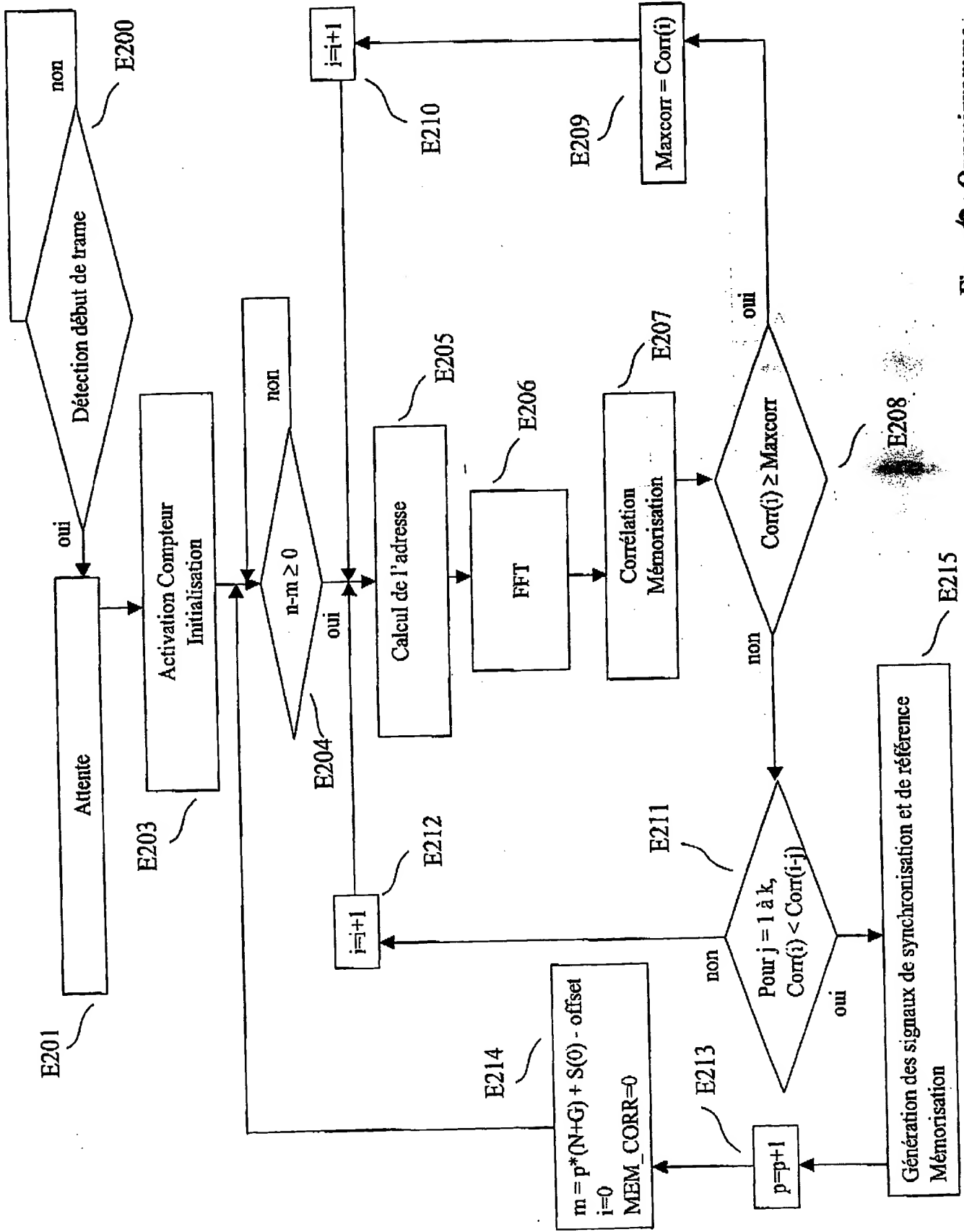


Figure 8 : Organigramme associé à la figure 8

**\*This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**